

Die transkaukasische Eisenbahn.

Von **Alfred Lorenz**, o. ö. Professor an der technischen Hochschule in Brünn.

Mit Zeichnungen auf Taf. XXVII—XXVIII und 3 Tabellen*).

Gelegentlich der Verfassung eines Projektes von Seite der transkaukasischen Eisenbahn-Gesellschaft für den Umbau der Bergstrecke der genannten Bahn an der Ueberschreitung der Wasserscheide zwischen dem schwarzen und kaspischen Meere stand ich mit dem Chef-Ingenieur der Gesellschaft, Herrn Stanislaw E. Weisblat, in längerem brieflichen Verkehr, infolge er mir auf mein Ansuchen das umfangreiche fertige Projekt sammt den kommissionellen Verhandlungen, mit der freundlichen Erlaubniss zur Verfügung stellte, dasselbe zu einer etwaigen Veröffentlichung benützen zu können.

Nachdem das ganz in russischer Sprache durchgeführte Projekt zur Begründung der Nothwendigkeit des Umbaues der Bergstrecke viele sehr werthvolle Daten über die Betriebsergebnisse, ganz besonders jene auf der Bergstrecke, welche mit Fairlie-Maschinen befahren wird, enthält, habe ich mich gerne der Mühe unterzogen, einen Auszug aus dem Projekt zu machen, und erlaube mir denselben den verehrten Fachgenossen im Nachfolgenden mitzutheilen. Vor allem Anderen kann ich aber nicht unterlassen, auf die wissenschaftliche und gediegene Ausführung des Projektes von Seite der Gesellschaft, sowie auf die Beurtheilung und theilweise Aenderung desselben von Seite der Regierung aufmerksam zu machen und hervorzuheben, dass diese Arbeit in jeder Hinsicht allen russischen Ingenieuren, welche daran thätig waren, vor allen Anderen aber den beiden Regierungs-Ingenieuren L. E. Jerakoff, Professor des Institutes der Kommunikations-Ingenieure, und J. J. Dëmin, Chef der technischen Abtheilung im Kommunikations-Ministerium alle Ehre zu machen im Stande ist.

Die transkaukasische Eisenbahn Poti-Batum-Tiflis-Baku, welche das schwarze Meer mit dem kaspischen Meer verbindet, läuft vom schwarzen Meer bei Poti und Batum längs des Rionflusses bis Rion, überschreitet von hier am Suram-Pass das meskitische Gebirge, welches die Wasserscheide zwischen den beiden Flüssen Rion und Kur, beziehungsweise zwischen dem schwarzen und kaspischen Meere bildet, und gelangt bei Mihailowo an den Kurfluss, an welchem die Bahn bis Kara Su fortläuft, um von da direkt an das Ufer des kaspischen Meeres und an demselben weiter bis Baku zu gelangen.

Abzweigungen von der Linie Poti-Baku hat die Bahn von Rion nach Kutais und von Samtredi südlich nach Batum. Da Batum den Haupthafenplatz am schwarzen Meer für die transkaukasische Bahn bildet und daselbst der Hauptverkehr stattfindet, so ist Batum nach Eröffnung der

Strecke Samtredi-Batum als Anfangs- oder Endpunkt der Hauptlinie, und die Strecke Samtredi-Poti als Zweigbahn angenommen.

Die Länge der Hauptbahn, Batum-Tiflis-Baku, beträgt 998·600 km, die ganze Länge einschliesslich der Abzweigungen 1004·05 km. Hievon entfallen auf den Suram-Uebergang als Bergbahn, welche bei Kwirili, Kilometer 126·92, beginnt und bei Michailowo, Kilometer 190·92, endet, 64·00 km. Dem Betriebe wurde übergeben: die Strecke Poti-Tiflis in einer Länge von 342·50 km im Jahre 1872, die Strecke Tiflis-Baku in einer Länge von 555·79 km im Jahre 1882.

Die Strecken Poti-Kwirili und Mihailowo-Baku sind theils Thal-, theils Flachlandbahnen mit sehr geringen Steigungen und grossen Krümmungshalbmessern, die Strecke Kwirili-Michailowo hat dagegen sehr bedeutende Steigungen mit verhältnissmässig kleinen Halbmessern, und zwar theilt sie sich in zwei Theile; der erste Theil Kwirili-Bezataban, 42·7 km lang, hat Steigungen von 22⁰/₀₀ mit kleinstem Halbmesser von 170·68 m und Steigungen von 25⁰/₀₀ mit dem kleinsten Halbmesser von 277·30 m; der zweite Theil, Bezataban-Mihailowo, die eigentliche Bergstrecke, 21·30 km lang, hat Steigungen von 42⁰/₀₀ bis zu 46·25⁰/₀₀ mit dem kleinsten Krümmungshalbmesser von 320 m. Die Wasserscheide, 9·92 km von Bezataban entfernt, mit der Station Pona, liegt 386·5 m höher als Bezataban und es beträgt die mittlere Steigung 39⁰/₀₀; auf der Ostseite befindet sich in einer Entfernung von 4·81 km die Station Suram um 197·7 m tiefer, mit einem mittleren Gefälle von 41⁰/₀₀; endlich folgt in einer Entfernung von 6·57 km die Station Michailowo um 17·25 m tiefer und mit einem mittleren Gefälle von 5·5⁰/₀₀.

Befahren wird die Thal- und Flachlandlinie mit drei- und vierachsigen Lokomotiven von 32 und 42 t Dienstgewicht, die Bergstrecke mit sechssachsigen Fairlie-Maschinen von 69 t Dienstgewicht. Diese führen auf der Bergstrecke bei 60—70% Dampfspannung mit einer Geschwindigkeit von 15 km und doppelter Zugkraft zwölf beladene Wagen.

Die Zugkraft, beziehungsweise Leistungsfähigkeit der Fairlie-Maschinen auf der Bergstrecke für die verschiedenen Steigungen, Krümmungen und Geschwindigkeiten, wird in dem Projekt nach den beiden Formeln, welche nach den dort gemachten Erfahrungen den wirklichen Leistungen entsprechen, gerechnet:

Für die Zugkraft der Maschine:

$$W_m = \frac{2 \times 0.65 p \cdot d^2 l}{D} \text{ in Kg}$$

Für den Zugswiderstand:

$$W_z = (1.65 + 0.05 V) \left(1 + \frac{290}{R} \right) (Q + P) + P(20 - 1.65 - 0.05 V) + (P + Q);$$

in welchen bedeutet:

*) Anmerkung. Bei der Umrechnung der Geldbeträge, welche im Projekt theils in Silber-, theils in Papier-Rubel angegeben sind, wurde der Papier-Rubel zu fl. 1·18, der Silber-Rubel zu fl. 1·62 ö. W. gerechnet.
1 Werst = 500 Saschen = 1·067 km; 1 Put = 0·0164 t.

p = Dampfdruck auf dem cm^2 ;
 d = Cylinderdurchmesser 38.1 cm ;
 l = Kolbenbewegung 58.0 cm ;
 D = Raddurchmesser 108.0 cm ;
 i = Steigung;
 R = Krümmungshalbmesser;
 V = Geschwindigkeit, Kilometer pro Stunde;
 P = Gewicht der Fairlie-Maschine 69 t ;
 Q = Zuggewicht, 1 beladener Wagen 16 t (6 t Wagen, 10 t Ladung).

Durch Gleichsetzung der beiden Formeln ergeben sich die folgenden Zuggewichte für Befahrung der Steigung:

Zuglast Q	Für			
	$i=0.010$ $R=320.0\text{ m}$ $V=15\text{ km}$	$i=0.04625$ $R=320.0\text{ m}$ $V=12\text{ km}$	$i=0.022$ $R=170.7\text{ m}$ $V=15\text{ km}$	$i=0.025$ $R=277.5\text{ m}$ $V=15\text{ km}$
Tonnen-Brutto . .	543.00	107.25	244.00	229.8
Wagenanzahl, beladen	34.00	6.70	15.25	14.86
Tonnen, Ladung .	340.0	67.0	152.5	143.6

Der Verkehr auf der gesamten transkaukasischen Bahn beträgt nach den Rechnungen der Gesellschaft vom Jahre 1884 (Tab. I) 2 444 378.56 Zug-Kilometer.

Personenverkehr*) netto 4 471 165.81 tkm } fl.** 563 187.49
 „ brutto 74 813 341.24 „ }
 Frachtenverkehr netto 185 231 559.04 „ } 1 596 125.72
 „ brutto 408 557 357.09 „ }
 Gesamtverkehr netto 189 707 724.84 „ } 2 159 313.21
 „ brutto 483 370 698.23 „ }

Es betragen daher die Kosten für 1 tkm netto:

Personenverkehr $\frac{563\,187.49}{4\,471\,165.81} = 12.56\text{ kr.}$

Frachtenverkehr $\frac{1\,596\,125.72}{185\,231\,559.03} = 0.70\text{ „}$

Gesamtverkehr $\frac{2\,159\,313.21}{189\,707\,724.84} = 1.13\text{ „}$

Für 1 tkm brutto:

Personenverkehr $\frac{563\,187.49}{74\,813\,341.24} = 0.75\text{ „}$

Frachtenverkehr $\frac{1\,596\,125.72}{408\,557\,357.09} = 0.39\text{ „}$

Gesamtverkehr $\frac{2\,159\,313.21}{483\,370\,698.23} = 0.44\text{ „}$

Nachdem die Person mit 0.082 t gerechnet ist, so kostet 1 Personen-Kilometer $12.56 \times 0.082 = 1.03\text{ kr.}$

Da endlich im Ganzen 2 444 378.56 Zug-Kilometer gefahren und 483 370 698.23 tkm verfrachtet wurden, so entfällt auf 1 Zug-Kilometer $\frac{483\,370\,698.23}{2\,444\,378.56} = 197.8\text{ t.}$

Die Einheitskosten des Verkehrs auf der Bergstrecke lassen sich nur annäherungsweise aus der Berechnung der Zugkosten auf dieser Strecke (Tab. III) bei der Annahme, dass pro Zug-Kilometer die gleiche Anzahl Tonnen wie auf der ganzen Strecke befördert wird, berechnen.

*) Die Person ist mit 0.082 t gerechnet.

**) Der Rubel mit fl. 1.62 gerechnet.

Verfahren können auf der Bergstrecke nach Tab. III 697 174 Zug- oder Maschinen-Kilometer werden. Hiefür wären zu verausgaben fl. 1 521 510.74.

Daher entfallen auf 1 Zug-Kilometer

$$\frac{1\,521\,510.74}{697\,174} = \text{fl. } 2.182.$$

Der Zug, wie früher mit 197.8 t angenommen, gibt 1 tkm brutto $\frac{2182}{197.8} = 1.103\text{ kr.}$

Nach dem Umbau der Bergstrecke vermindern sich die Auslagen für die gleiche Frachtbewegung nach Tab. III um fl. 853 385.38 und werden daher betragen:

Für die Bergstrecke fl. 668 125.35

„ „ ganze Strecke „ 1 305 927.93

Nimmt man die Verminderung des Preises für den Tonnen-Kilometer in dem Verhältniss der Verminderung der Gesamtauslagen auf der Bergstrecke, so erhält man für 1 tkm nach dem Umbau:

Auf der Bergstrecke . . $\frac{668\,125.35}{1\,521\,510.74} \times 1.103 = 0.48\text{ kr.}$

„ „ ganzen Strecke . $\frac{1\,305\,927.93}{483\,370\,698} = 0.27\text{ kr.}$

Ferner sind in dem Projekt die Kosten für einen Naphtazug, bestehend aus 30 Zisternenwagen, welche in der Richtung zum schwarzen Meer geladen, in der entgegengesetzten Richtung leer laufen, von vier- und dreiachsigen Lokomotiven auf der ebenen Strecke und sechsachsigen Fairlie-Maschinen auf der Bergstrecke der transkaukasischen Bahn gezogen werden, nach den Rechnungen des Betriebsjahres 1884 aufgenommen:

		Kreuzer ^{*)}
1.	Gehalte des Zugbegleitungs-Personales . . 1 km Zugfahrt	8.18
2.	„ „ Maschinendienstpersonales	13.19
3.	Kosten der Maschinenheizung	12.88
4.	„ „ Zugbeleuchtung	0.14
5.	„ „ Maschinen- u. Tenderschmiere	2.04
6.	„ „ Wagenschmiere	4.24
7.	„ „ Maschinen- u. Tenderreinigung	1.60
8.	„ „ Wagenreinigung	0.60
9.	„ „ Wasserversorgung sammt Erhaltung der Anlagen	1.94
10.	„ „ Erhaltung und Ersatz der Maschinen und Tender	17.25
11.	„ „ Erhaltung u. Ersatz der Wagen	19.05
12.	„ „ Erhaltung des Maschinenzugehöres und der Werkstätten, Maschinen etc.	1.80
13.	Kosten der Schienenabnutzung	4.05
Zusammen . 1 km Zugfahrt		86.96

Die Flachlandstrecke hat eine Länge von 834.4 km , daher die Kosten eines Naphtazuges von 30 Wagen auf der Flachlandstrecke von Baku nach Batum fl. 725.59.

Die Kosten für einen Locomotiv-Kilometer auf der Bergstrecke mit Fairlie-Maschinen, wie vorher erwähnt, betragen 2.18 fl.

Nachdem auf der Strecke Michailowo-Bezataban von 21.3 km eine Fairlie-Maschine auf der Steigung bloß 6 geladene Wagen, auf der Strecke Bezataban-Kwirili 42.7 km im Gefälle 30 geladene Wagen führt, so sind, um 30 Wagen zu fördern, $21.3 \times 5 + 42.7 = 149.2$ Zug-Kilometer nöthig.

*) Der Rubel gerechnet mit fl. 1.62.

daher die Kosten eines Naphtazuges von 30 Wagen auf der Bergstrecke $149.2 \times 2.18 = 325.26$ fl.

Die Gesamtkosten eines Naphtazuges von 30 Wagen von Baku nach Batum betragen daher $725.59 + 325.26 = 1050.85$ fl.

Das Tara-Gewicht Naphta für 30 Zisternenwagen beträgt 295.20 t, nachdem die Rückfahrt der Naphtazüge leer geschieht, so ist für die volle Fahrt nur die Hälfte zu rechnen und die Frachtkosten für eine Tonne Naphta-Fracht von Baku nach Batum ergeben sich mit $\frac{1050.85}{147.60} =$ fl. 7.12,

oder für 1 tkm mit $\frac{712}{898.4} = 0.79$ kr.

Schon im Jahre 1872, bald nach der Eröffnung der Linie Poti-Tiflis, zeigte sich gelegentlich eines Unglücksfalles auf dem Suramrücken, dass die ausgeführte Linie mit den bedeutenden Steigungen und verhältnissmässig geringen Krümmungs-Halbmessern, sowie überhaupt die technischen Anlagen der Bergstrecke nicht den Anforderungen einer öffentlichen Eisenbahn an die Sicherheit des Betriebes entsprechen; schon damals dachte man daran, eine neue Linie über den Suram mit Benützung eines Tunnels in ernstliche Erwägung zu nehmen.

Als im Jahre 1874 die Bahn, welche von einer französischen Gesellschaft gebaut und bis zu der Zeit betrieben wurde, an eine russische Gesellschaft übergang, gab die Regierung die Genehmigung zur Ausgabe von neuen Obligationen in Betrage von 12 295 800 fl. (10 910 070 fl. Kurswerth) für die mittlerweile nöthig gewordenen Ergänzungs- und Verbesserungsbauten, worunter der Umbau der Bergstrecke inbegriffen war.

Der sehr schwache Personen- und Güterverkehr auf der Poti-Tiflis-Strecke in den ersten Jahren liess jedoch damals den Umbau der Bergstrecke nicht für so dringend und in finanzieller Beziehung nöthig erscheinen, umso mehr, als der Verkehr leicht und ohne weitere Anstände auf der Bergstrecke mit den Fairlie-Maschinen bewältigt werden konnte, so dass sich die Gesellschaft entschloss, das Kapital nutzbringender ausser zu den Ergänzungsarbeiten zum Bau der Zweigbahn Rion-Kutais und der für den Naphtaverkehr von Baku nach Batum bestimmten Strecke Tiflis-Baku zu verwenden.

Ein Unglücksfall auf der Moskau-Kurskoi-Bahn im Jahre 1882 lenkte die Aufmerksamkeit wieder auf die Betriebsunsicherheit der Suramstrecke, so dass das Ministerium den Umbau dieser Strecke für unerlässlich erklärte und die transkaukasische Eisenbahn-Gesellschaft beauftragte, Anträge und Vorschläge in der Richtung zu erstatten.

In Folge dessen und da sich nach der Eröffnung der Strecke Tiflis-Baku auch der Verkehr bedeutend vermehrte, legte die Gesellschaft am 10. August 1883 dem Ministerium einen vollständig ausgearbeiteten Plan über die Umlegung der Bergstrecke des Suram-Überganges vor, in welchem sie die in Aussicht genommenen Herstellungen eingehend begründete. Da kurz nach dieser Zeit durch die Versendung der Naphtaprodukte von Baku nach Batum der Frachtenverkehr weiter an Umfang zugenommen hatte und die Naphtaspekulanten fortwährend auf eine Vermehrung der Verkehrsmittel drangen, andererseits man sich auch bereits

mit dem Projekte beschäftigte, entweder eine Naphtaleitung von Baku nach Batum herzustellen oder eine Eisenbahnverbindung längs der Küste des kaspischen Meeres bis Petrowsk und zum Anschluss an die bestehende Bahn bei Wladikawkas anzustreben (siehe Kartenskizze, Taf. XXVII), wurde im Sommer 1884 von der Regierung eine Kommission aus den Vertretern der sämtlichen Interessenten zusammengesetzt, welche die Aufgabe hatte, den gegenwärtigen, sowie auch den in nächster Zeit zu gewärtigenden Verkehr im Allgemeinen und besonders der Naphtaprodukte nach Batum an das schwarze Meer festzusetzen.

Nach den Rechnungen der Gesellschaft wurden in den Jahren 1882/83 verfrachtet:

Art der Waare	1882		1883		1884	
	Richtung nach					
	Batum	Baku	Batum	Baku	Batum	Baku
	Tonnen netto					
Naphta . . .	—	—	44 731.1	2.9	65 000.0	—
Verschiedene .	33 855.5	110 543.5	36 428.5	83 259.8	82 000.0	82 000.0
Summe {	33 855.5	110 543.5	81 159.6	83 259.8	147 600.0	82 000.0
	144 399.0 *)		164 421.3		229 600.0 ***)	

Nach den Erhebungen aller weiteren Verkehrsgegenstände durch die Kommission kam dieselbe zu der Erkenntniss, dass ausser den im Jahre 1883 verfrachteten 119 687 t verschiedener Waaren noch eine Vermehrung von 246 000 t Naphta und 164 000 t verschiedene Waaren zusammen 529 687 t zu gewärtigen ist, von denen auf die Richtung Baku-Batum rund 380 000 t entfallen werden.

Unter der Voraussetzung der Vergrösserung der Station Zipa, der Geleiservermehrung auf den Stationen Pona und Suram und der Vermehrung der Fairlie-Maschinen könnten nach den genauen Studien und Erhebungen der Gesellschaft als höchste Leistung des Betriebes über die bestehende Bergstrecke in 24 Stunden in jeder Richtung 16 Züge zu 12 Wagen mit 2 Fairlie-Maschinen, d. h. 192 Wägen befördert werden. Rechnet man hievon ab täglich zwei Personenzüge à 12 Wägen 24 Wägen
ein Militär- und Regiezug à 12 Wägen . . . 12 „
zusammen . . . 36 Wägen

so bleiben für den Frachtenverkehr 156 Wägen.

Rechnet man weiter jeden Zug bestehend aus sechs Zisternenwagen für das flüssige Naphta mit 9.8 t Ladung und sechs gewöhnliche Güterwägen mit der durchschnittlichen Ladung von 5 t, so ergibt sich als Möglichkeitsgrenze der Güterverfrachtung über die bestehende Bergstrecke in einem Jahre zu 300 Tage gerechnet in jeder Richtung

$$156 \times 300 \times \frac{9.8 + 5.0}{2} = 346\,320 \text{ t netto,}$$

welches eine Minderleistung gegenüber der anzuhoffenden Verkehrsmenge von rund 34.000 t ergibt.

*) In der Summe sind auch die Regiefrachten für den Bau der Strecke Tiflis-Baku enthalten.

**) Von den 65 600 t Naphta waren etwa drei Viertel = 49 200 t flüssiges Naphta, der Rest Naphtaprodukte.

***) Die Summe für 1884 ist nur annäherungsweise von der Commission erhoben, da das Jahr noch nicht abgelaufen war.

In Berücksichtigung dieses Ergebnisses der kommissionellen Erhebungen, dass die gegenwärtige Bergstrecke der Bahn den zuverlässig zu erwartenden Verkehr ganz besonders durch den immer grösseren Aufschwung der Naphtaproduktion in der Umgebung von Baku in kürzester Zeit nicht mehr entsprechen könne, ferner in Berücksichtigung des Nachweises, Tab. III, dass selbst bei der noch möglichen täglichen Leistung auf der bestehenden Bahn von 192 Wagenförderungen der Umbau auch schon in ökonomischer Beziehung gewinnbringend ist, beschloss die Regierung den Umbau des Suram-Ueberganges in der Art zu fördern, dass die Bahn den ungehinderten Verkehr der anzuhoftenden Quantitäten mit besonderer Berücksichtigung des grösseren Verkehrs in der Richtung zum schwarzen Meere entsprechen könne, und das von der transkaukasischen Gesellschaft ausgearbeitete Projekt zu prüfen, richtigzustellen und als Basis für den Bau anzunehmen.

Das Hauptgebiet*) der kaukasischen Naphtalager, deren Produkte die Hauptfracht der transkaukasischen Eisenbahn bilden, liegt nördlich von Baku auf der nach Osten vorragenden Halbinsel Apscheron des kaspischen Meeres. Das naphtaführende Gestein der Halbinsel besteht nach Abich aus tertiären, und zwar miocenen, mit thonigen oder mergeligen Schichten wechselnden, sehr kalkigen Sandsteinen, die bereits 2·13 m unter der Oberfläche locker und von Bitumen durchdrungen, nach unten allmähig in eine dunkelgrüne, zähflüssige Masse übergehen und schon bei 10·5 — 12·6 m ein schwimmendes Gebirge bildet. Auch Trautschold bestätigte die erste naphtareiche Zone in 10·5 m, die zweite in 31·5—42·0 m Tiefe, unter welcher noch eine dritte liegt. Augenscheinlich finden sich die natürlichen Erdölquellen wie die nachgewiesenen unterirdischen Oelbassins und die Schlammvulkane des Bakuaner Gebietes in gerade Linien geordnet, deren wichtigste von der so schwer von Erdbeben heimgesuchten Stadt Schemacha über Apscheron, die Insel Swätoi, die 30 Seemeilen davon in dem See liegenden Naphtaklippen und die Insel Tscheleken nach dem Balchangebirge im Osten des kaspischen Meeres führt.

Die eigentliche Naphta-Industrie Kaukasiens kam erst im Jahre 1872 zur Entwicklung, als die Regierung beschloss, die als Kroneigenthum bestandenen naphtaführenden Ländereien der freien Konkurrenz der Privatindustrie zu überlassen und zu verkaufen.

Wenn auch gleichzeitig mit dem Verkauf bedeutende Erleichterungen für die Gewinnung des Rohmaterials durch Steuerfreiheit erzielt wurden, und die Verfrachtung einen gewissen Aufschwung genommen hatte, so wurde doch die weitere Entwicklung der Industrie noch immer gehemmt, indem auf die Destillation bedeutende Steuern festgesetzt waren; und zwar musste für die einmalige Füllung jedes Destillirkolbens, dessen Fassungsraum 208 Eimer nicht überstieg, eine Steuer für jeden Eimer von 4 Kopeken (6·5 kr.), dessen Inhalt 208 Eimer überträte, von 10 Rubel (fl. 16·20) pro Kolben bezahlt werden.

*) Die kaukasische Naphtaproduktion von Dr. Oskar Schneider. Berlin 1887.

Erst als im Jahre 1875 durch das plötzliche Sinken der Petroleumpreise zahlreiche Industrien die Destillationen einzustellen genöthigt waren, wurde auf wiederholte drängende Gesuche der Bakuaner Fabrikanten endlich am 1. September 1877 die kaukasische Kerosin-Industrie steuerfrei erklärt, worauf dann der grosse Aufschwung der Industrie, wie die folgenden Zahlen zeigen, erfolgte und auch auf den Verkehr der transkaukasischen Bahn einen mächtigen Einfluss nahm.

Jahr	Rohnaphta	Destillationsprodukt
	in Tonnen	
1877	242 000	75 354
1878	328 000	102 597
1879	367 200	114 204
1880	410 000	128 884
1881	492 000	190 808

Um das grosse Quantum von Rohnaphta, welches hauptsächlich auf der ganzen Halbinsel vertheilt gewonnen wird, zu den vornehmlich in Tschernigorod östlich von Baku unweit der Buchtküste gelegenen Fabriken und an die Bahn zu führen, entstanden hierauf im Lauf der letzten Jahre sieben getrennte sechszöllige Rohrleitungen, welche eine Gesamtlänge von rund 100 km haben und in 24 Stunden 666 t leiten können, ferner eine Naphtabahn, die von Tschernigorod sich auf der Höhe von Apscheron in drei Theile theilt, nach Balachane, Sabuntschi, Surachane und weiter nach Baku führt.

Eine grosse Bedeutung für den Betrieb der transkaukasischen Eisenbahn, sowie für die Dampfschiffahrt am kaspischen Meere und auf der Wolga hatte die Erfindung des deutschen Ingenieurs Lenz: der Verwendung der Naphtaresten, d. h. der zähflüssigen, dunklen, schweren Kohlenhydrate, welche bei der Destillation des Naphta im Kolben zurückbleiben, als Heizmaterialien für Dampfmaschinen. Das Verfahren besteht darin, dass die Reste durch einen Wasserdampfstrahl pulverisirt und in die Feuerung geblasen werden. Die Bedienung ist sehr einfach und bequem, indem das Heizmaterial von selbst zufliesst und die Regulirung der Dampfentwicklung durch Regulatoren bewirkt wird. Die durch diese Feuerung erzielte Hitze ist bedeutender, dabei der Kostenpreis ein viel geringerer, als mit der Steinkohlenheizung. Der Kostenunterschied der beiden Heizungen ist aus einer Notiz aus dem Jahre 1877 des Kapitäns Lewitzky des Kron dampfers „Schach“ am kaspischen Meere zu erkennen, in welcher bekanntgegeben wird, dass der „Schach“ täglich 1400 Pud Steinkohlen, gegen 960 Pud Naphtaresten, wobei das Pud Steinkohlen mit 60 Kopeken, das Pud Naphtaresten mit Patentgebühren und Einschiffen fünf Kopeken kostet, verbrauchte.

Welchen bedeutenden Einfluss auf die Naphta-Industrie diese Erfindung und Verwendung nahm, kann man daraus sehen, dass gegenwärtig alle Reste verwendet werden, während vor 10 bis 12 Jahren noch diese beinahe gar keine Verwendung fanden und in den Jahren 1876 und 1877 über zwei Millionen Zentner weggegosson, auf freiem Felde verbrannt oder auf die Strassen und Plätze von Baku geschüttet wurden, um daselbst gegen den vielen Staub eine mächtige Asphaltdecke der einfachsten Art zu bilden.

Das Projekt.

In Folge des früher erwähnten Auftrages der Regierung im Jahre 1874: die nöthigen Erhebungen zum Umbau der Bergstrecke der transkaukasischen Bahn zu pflegen, liess die Verwaltung der Gesellschaft durch die Ingenieure Mischenkow und Statkowski Studien an Ort und Stelle zur Aufsuchung der günstigsten Linie für den Suram-Uebergang machen, deren Resultat die Untersuchung von vier Varianten war: (siehe Taf. XXVII und XXVIII.)

1. Variante: Malita-Zipa-Tschemotaleti-Suram-Michailowo.
2. „ Malita-Zipa-Monasteri-Teseri-Michailowo.
3. „ Malita-Zipa-Bulbulis-Ziche-Teseri-Michailowo.
4. „ Malita-Charagouli - Bulbulis - Ziche - Teseri - Michailowo.

Bei den damaligen fernerer Untersuchungen und Vergleichen der vier Varianten in Gemeinsamkeit mit der Regierung ergab sich, dass die beiden Varianten II und IV wegen der bedeutenden Linienlängen und grossen Tunnelbauten nicht weiter in Berücksichtigung zu ziehen seien, und die Variante I den Vorzug vor der Variante III, als für den Verkehr günstiger verdiene, trotzdem dieselbe fl. 810 000 Mehrkosten erfordert hätte.

Der damals noch bestandene geringe Verkehr auf der Bahn, sowie die Nothwendigkeit der Herstellung der Ergänzungsarbeiten und des Ausbaues der Strecke Tiflis-Baku verzögerte die Inangriffnahme des Umbaues der Bergstrecke, bis im Jahre 1883 das dringende Bedürfniss hiezu eintrat, und die Gesellschaft, dessen Chef-Ingenieur Herr Stanislaw E. Weisblat war, neue Studien pflegte, der Regierung ein neues Projekt, im Detail ausgearbeitet, für die Linie Malita-Zipa-Beglet-Teseri-Michailow vorlegte und in einem Berichte die Vortheile gegenüber den beiden Varianten I und III des Ingenieurs Mischenkow aus dem Jahre 1874 nachzuweisen suchte.

Bei allen drei Varianten war für die Tracirung der Grundsatz maassgebend, dem grösseren bedeutenden Verkehr in der Richtung von Baku gegen Poti-Batum Rechnung zu tragen und die möglichst kleinsten Steigungen in dieser Richtung anzunehmen, während in der entgegengesetzten Richtung, dem Verkehr entsprechend, Steigungen bis zu 28‰ in geraden Strecken als weniger schädlich für den Betrieb erkannt wurden.

Den ersten Theil der umzulegenden Bergstrecke Malita-Zipa haben alle drei Varianten gemeinsam, und bieten Steigungen von 25‰ mit dem kleinsten Krümmungshalbmesser von 277.29 m, ferner von 26.75‰ mit kleinstem Krümmungshalbmesser von 639.90 m und von 28‰ auf eine Länge von 383.94 m ohne Krümmungen.

Auf der Bergstrecke zwischen Zipa und Michailowo betragen die grössten Steigungen und der kleinste Krümmungshalbmesser in der Richtung Batum-Baku bei allen drei Varianten 25‰ und 319.95 m, in der Richtung Baku-Batum bei Variante III Zipa-Bulbulis-Ziche 15‰ 319.95 m, bei Variante I Zipa-Tschemotaleti 18‰ 639.90 m, bei dem letzten Projekt der Gesellschaft: Zipa-Beglet-Teseri 10‰ 319.95 m.

Bei der Variante III: Malita - Zipa - Bulbulis-Ziche-Teseri-Michailowo, welche eine Länge von

27 386 km hat, läuft die Linie an der Lehne des Zipaflusses bis nach Zipa, bildet daselbst eine Kopfstation und gelangt in das Flussthal Suramuli, wo sie dann in den grossen Tunnel einmündet. Da die Lehnen der beiden Thäler sehr steil abfallend, felsig, mit vielen stark vorspringenden Nasen sind, würden zahlreiche Stützmauern und kleinere Tunnels nöthig. Der Tunnel selbst. 2.744 km lang, liegt nach den geologischen Erhebungen der ganzen Länge nach in harten Felsen, senkrecht auf die Richtung des Bergrückens, die Steigung beträgt beiderseits 15‰ und endet in Bezug der Richtung auf eine Länge von 106.7 m mit einem Krümmungshalbmesser von 319.9 m. Vom Ausgang des Tunnels läuft die Linie an der Lehne des Beglet-Thales und übersetzt dasselbe tiefer abwärts, wo der Boden thonig, stellenweise mit Bächen und Quellen durchzogen ist, so dass bedeutende Entwässerungsarbeiten nothwendig werden würden. An weiteren grösseren Arbeiten kämen kleinere Tunnels in einer Gesamtlänge von 1463 m, ein gewölbter Einschnitt von 22.6 m und ein Wasserableitungstunnel von 96.0 m vor. An neuen Stationen waren angenommen: Malita, Zipa, Bulbulis-Ziche, Teseri. Der Hauptnachtheil dieser Linie liegt in der Kopfstation Zipa; abgesehen von der Kostspieligkeit des Baues der Station in dem für die nöthige Ausdehnung sehr engen Thal mit steilen felsigen Wänden, würde die Kopfstation ein für den Verkehr und Betrieb fortwährend störendes und kostspieliges Hinderniss bilden.

Die Variante I: Malita - Zipa - Tschemotaleti-Michailowo, 22.990 km lang, hat mit der früheren Variante die Strecke Malita-Zipa gemeinsam, läuft in gerader Richtung in den Tunnel und schliesst sich vor der Station Suram an die alte bestehende Linie an. Der Tunnel hat eine Länge von 5.239 km, auf mehr als zwei Drittel seiner Länge in der Fahrtrichtung zum kaspischen Meer eine Steigung von 20‰, dann ein Gefälle von 15‰ und liegt parallel mit dem Gebirgskamm in der Senkung zwischen diesem und den nördlich liegenden Bergen. Die Bodenbeschaffenheit ist sehr verschieden, im Ganzen für den Bau ungünstig; bei der Station Zipa tritt Kiesel zu Tage, bei Puna Kalk, Mergel, Thon, im Flussbett bei Suram wieder Kiesel, so dass nur der kürzeste Theil des Tunnels im harten Felsen, der grösste Theil in unverlässlichen, mit Quellen durchzogenem Boden zu liegen käme, und dadurch den Bau in Bezug seiner Bauzeit und seiner Kosten als ungünstig erschweren würden. Ausser dem grossen Tunnel kämen dann einige kleinere Tunnels in der Gesamtlänge von 702.8 m und ein Wasserableitungstunnel von 96.0 m Länge vor. An neuen Stationen waren blos vorgesehen Malita und Zipa, da die Linie vor der Station Suram in die alte Linie einmündet. Ein Nachtheil dieser Variante ist, ausser den für den Bau ungünstigen Bodenverhältnissen, die Steigung von 20‰ auf die grosse Länge des Tunnels, welche für den Betrieb störend sein dürfte, ferner die Station Zipa, welche in Folge der kostspieligen Erd- und Felsarbeiten in dem engen Thal mit nur 337 m Länge beantragt ist.

Die Variante: Malita - Zipa - Beglet - Teseri-Michailowo der Gesellschaft vom Jahre 1884 in einer Länge von 23.715 km geht vom Bahnhof der Station Malita

in der Achse der Variante III mit der Maximalsteigung von 27⁰/₀₀ bis zur Station Zipa, so dass diese um 1·9 m tiefer zu liegen kommt, läuft von hier in einer Geraden und dreht sich in einem Bogen von 460·7 m Länge und 319·95 m Halbmesser, um zur Mündung des grossen Tunnels zu gelangen. Bei dem Ausgang des Tunnels übersetzt die Linie sofort in noch entsprechender Höhe das Begletthal, so dass die grossen Erdarbeiten, wie diese bei der Variante III vorkommen, vermieden werden und vereinigt sich dann vor der Station Teseri mit der Linie der Variante III Zipa-Bulbulis-Ziche. Der grosse Tunnel mit einer Länge von 4·4231 km in der Richtung senkrecht auf den Bergrücken, hat in der Fahrt nach dem kaspischen Meer eine Steigung von 18⁰/₀₀, in der Fahrt nach dem schwarzen Meer eine Steigung von 10⁰/₀₀, ist gerade und durchsetzt voraussichtlich durchaus festes trockenes Gestein.

Kleinere Tunnels kommen in einer Gesamtlänge von 662·16 m vor, ferner ein gedeckter Einschnitt von 22·6 m und ein Wasserableitungstunnel von 96·0 m. An neuen Stationen in dem Projekte sind beantragt Malita, Zipa, Beglet und Teseri.

Nachstehende Tabelle zeigt den Vergleich der drei Varianten untereinander:

	Variante der transkaukasischen Gesellschaft 1884	Variante III Bulbulis-Ziche	Variante I Tschemotaleti
Länge von Malita bis Michailowo bestehende Linie 23·660 km . . . km	23·714	27·389	22·990
Länge des nöthigen Umbaues . . .	23·202	26·872	17·212
Verlängerung gegenüber der bestehenden Linie km	0·054	3·729	— 6·448
Maximalsteigung in der Richtung zum schwarzen Meer 0/00	10	15	18
Maximalsteigung in der Richtung vom schwarzen Meer 0/00	25	25	25
Länge der Maximalsteigung . . . km	8·495*)	10·885*)	8·346*)
Länge des grossen Tunnels . . .	4·423	2·744**)	5·239
Maximalsteigung im grossen Tunnel 0/00	18	15	20
Länge derselben km	1·337	0·686	1·755
Richtung desselben	gerade	(Rad 319·9) (Länge 106·7)	gerade
Länge der kleinen Tunnels . . .	662·2	1463·0	337·0
Länge des gewölbten Einschnittes und Wassertunnel m	121·6	121·6	121·6

Die Vorzüge der Variante der Gesellschaft vom Jahre 1884 gegenüber den beiden anderen Varianten sind: Die Umgehung der schwierigen Erd- und Felsenarbeiten im Beglet-Thale der Variante III; das bedeutend günstigere Gestein und die kleinere Länge des grossen Tunnels gegenüber jenen der Variante I, endlich, und was die Hauptsache ist, gegenüber beiden Varianten die günstigeren Steigungs- und Krümmungsverhältnisse in der Richtung des Hauptverkehrs von Baku am kaspischen Meer nach Batum-Poti am schwarzen Meer.

*) Hierbei ist inbegriffen eine Steigung von 27⁰/₀₀ auf eine Länge von 1440 m und eine Steigung von 28⁰/₀₀ auf 396 m Länge.

**) Hierzu kommt noch ein Richtungstunnel von 106·65 m Länge in Folge der Krümmung.

Berücksichtigt man weiter, dass die Linie um 3·675 km kürzer als die der Variante III ist, und dass nach den gemachten Erfahrungen eine Lokomotive eine Steigung von 10⁰/₀₀ und 319·95 m Halbmesser mit 34 Wagenladungen, dagegen eine Steigung von 15⁰/₀₀ und 319·95 m Halbmesser nur mit 23·25 Wagenladungen befahren kann, so ergibt dies für den Betrieb eine um 40 % günstigere Lastenbewegung, und eine Ersparung von jährlichen Betriebskosten, welche weitaus die Zinsen des Mehrkapitals für den längeren Tunnel übersteigen.

Zur Begründung der Nothwendigkeit des Umbaues der Bergstrecke und der Rentabilität desselben ist dem Projekt von Seite der Gesellschaft und den von der Regierung gepflogenen kommissionellen Untersuchungen und Beurtheilungen als Beilagen beigelegt: eine Zusammenstellung der Betriebskosten einer grossen Anzahl russischer Eisenbahnen zum Vergleich mit denen der transkaukasischen Bahn, Tab. II, ferner vergleichende Berechnungen über eine eventuelle Herstellung einer Naphtaleitung von Baku nach Batum und einer Eisenbahnverbindung von Baku mit den nördlich des Kaukasus bestehenden russischen Eisenbahnen.

Es würde für diesen Aufsatz zu weit führen, in die Einzelheiten dieser Ausführungen einzugehen, obwohl dieselben, ganz besonders jene über die Naphtaleitung, sehr interessante Daten bieten.

Im Allgemeinen behandelt das Projekt der Naphtaleitung, welche aus einer 19 cm starken Rohrleitung von Baku nach Batum gedacht ist, die Berechnung der Transportkosten, und kommt zu dem Ergebniss, dass dieselben sich bei Mengen von 743 000 t und 8 % Verzinsung und Amortisation, für die Tonne auf 7·29 fl. und bei einer Quantität von 457·000 t und 8 % Verzinsung auf 13·01 fl. stellen. (der Rubel zu 1·62 fl.), während wie früher nachgewiesen der Tonnen-Kilometer aller Waaren zusammen auf der transkaukasischen Bahn im Jahre 1884 auf 0·7 kr., daher für die ganze Strecke die Tonne bei einer Menge von rund 230·000 t aller Waaren auf fl. 6·26 und der Naphtaprodukte in eigenen Naphtazügen aus Zisternenwagen bestehend auf 7·12 fl. zu stehen kömmt.

Was die in Berücksichtigung gezogene Eisenbahnverbindung der Naphtaquellen bei Baku mit den russischen Eisenbahnen nördlich vom grossen Kaukasus anbelangt, so ist die Linie derart gedacht, dass dieselbe von Baku längs der Küste des kaspischen Meeres bis Petrowsk, von hier nach Wladikawkas zum Anschluss an die russische Hauptbahn geführt, und als weiterer Anschluss an das schwarze Meer die von früher her projektierte Zweigbahn Tichozätzkaya-Noworossijek benützt werde. (Taf. XXVII.)

Die nachfolgende Tabelle zeigt, um wie viel sowohl die absolute als auch die virtuelle Länge der bestehenden Trace der transkaukasischen Eisenbahn als auch der Linie nach den Umbau der Bergstrecke kürzer ist als die absolute und virtuelle Länge der in Vergleich gezogenen Bahnanlage von Baku über Wladikawkas an das schwarze Meer.

Das Ergebniss dieser Vergleiche ist, dass die transkaukasische Eisenbahn, wenn der Umbau der Bergstrecke

Strecke	Wirkliche Länge	Virtuelle Länge			Mittlerer Virtual-Koeffizient
		Richtung zum schwarzen Meer	Richtung vom schwarzen Meer	Mittlere	
		in Kilometer			
Baku-Petrowsk	352·467	423·287	660·348	541·817	1·2536
Petrowsk-Wladikawkas	266·610	529·420	196·535	362·977	1·3614
Wladikawkas-Tichozätzkaya	513·263	562·017	841·637	701·827	1·3673
Tichozätzkaya-Noworossijsk	276·108	368·264	390·797	379·530	1·3744
Baku-Noworossijsk	1408·448	1882·988	2089·317	1986·151	1·3392
Batum-Baku mit der gegenwärtigen Suramlinie	895·608	1337·540	1308·577	1323·058	1·4772
nach dem Umbau der Suramstrecke	895·894	1253·991	1237·157	1245·574	1·3903
Vergleich der virtuellen Länge der Bergstrecke vor und nach dem Umbau.					
Vor dem Umbau	23·648	195·430	105·639	150·534	6·365
Nach dem Umbau	23·704	111·752	35·120	73·436	3·095

durchgeführt wird, selbst in dem Falle, dass das eine oder andere Projekt dennoch zur Ausführung gelangen sollte, nicht nur mit denselben ohne Schaden konkurrieren, sondern auch den Verkehr der Hauptfracht der Naphta noch billiger berechnen könne.

Was die geologischen Verhältnisse anbelangt, so werden diese nach dem von Ingenieur Rugewitz abgegebenen und dem Projekt beiliegenden Gutachten folgender Art geschildert: Der Suramrücken, gebildet durch das Zusammentreffen des Achaltsischen und Imereti-Bergrückens mit einem Gebirgsstocke des Likigebirges, ist die Wasserscheide zwischen dem schwarzen und kaspischen Meer.

Die geologische Struktur des Suramrückens ist mannigfaltig und besteht ausser krystallinischen Gesteinen aus Ablagerungen der Jurakreide und Tertiärformation.

Der Granit, am meisten vertreten auf dem sogenannten Meski- oder Georgisch-Imeretischen Bergrücken, bildet die unterste Schichte, auf welcher die jüngeren Gebilde ruhen und tritt vornehmlich zu Tage an den Erhebungen des rechten Tschcheremela-Ufers, während er am linken Ufer nur stellenweise sichtbar, meist gedeckt von den Gebilden der jüngeren Formationen ist. Vorherrschend ist grauer Granit, ein graukörniges Aggregat, gebildet aus weisslichem trüben Orthoklas, Quarz und dunklen Magnesiaglimmer, selten Hornblende. Ausser diesem zeigt sich auch in Adern dunkler und rother Granit je nach der Farbe des eingesprengten Orthoklas und Glimmers.

Melaphyr kommt bald in Einzelstücken bald in Schichten zwischen dem Sandstein und anderen Mineralien der Kimmeritischen Schichte des Jura als dunkles kryptokrystallinisches Mineral vor, an der nur kleine Plagioklaskrystalle und krystallische Olivinkörner hervortreten.

Hornblendeporphyr zeigt sich in Adern unterhalb Bezatuban und zwischen Bezatuban und Pona als schmutzig grüngraues Gestein, in welchem der Feldspat die Grundmasse mit eingesprengten Plagioklas-Magneteisenstein und Hornblendekrystallen bildet.

Die Ablagerungen des Jurasystems kommen hauptsächlich in den an den Suramrücken angrenzenden Bergen

vor, und treten zu Tage in dem Thal des Flüsschens Zchowreba bei Golotuban und von da bis Malita, ferner an den beiden Thalwänden längs des Flusses Tschcheremela. Diese Jura-Ablagerungen bestehen in Psammit-, Psephit- und Pelitporphyr-Tuffe, mit diesen abwechselnd Schichten von Hornblende und Diabasporphyr endlich in dick und dünnblättrigen Sandstein von grünlicher Farbe mehr oder weniger thonig.

In der Strecke von Poni bis Suram am östlichen Abhange des Suramgebirges finden sich Ablagerungen der mittleren und oberen Kreideformation des Goult, Senoman. Turan und Senon, am westlichen Abhange nur goultsche Gebilde und mehr jüngere Ablagerungen. Die Goult-Ablagerungen bestehen aus drei Horizonten: die unterste Schichte aus blättrigem, dichtem zum Theil kiesigem Kalkstein mit flachmuschelförmigem Bruch, untermischt in der untersten Schichte mit dünnen Schichten grünlichen Mergels; die mittlere Schichte besteht aus bläulichem, stark thonigem, blättrigem Kalk und thonigen, dünnschichtigem Mergel; endlich die oberste Schichte aus glaukonitischem Sandstein.

Die Senoman'schen Ablagerungen bestehen in glaukonitischen, kalkigen, theils festen, theils mürben Sandsteinen und Sandsteinkalken.

Die Tunongesteine zeigen sich als Thon von hellgrauer und weisslicher Farbe, mehr oder weniger kalkig, durchzogen von Lagen grünlichen Thones, die weniger in den oberen, mehr in den unteren Schichten vorkommen. Der Tunonthon ist von Senonkalken bedeckt, welche muscheligen Bruch haben, bald mehr, bald weniger thonhaltig sind. In den unteren Schichten sind häufig eingesprengt dünne Schichten von salzigem Thon, der mit Wasser in Verbindung gebracht aufbraust.

Die eocenen Ablagerungen der Tertiärformation bei Kutais und Tiflis bestehen in Sandstein, thonigem und kiesigem Kalkstein, kieseligem Thon, thonigem Schiefer etc., seltener Mergel und Tuffe.

Diese eocenen Ablagerungen bilden hauptsächlich den Rücken der südlich von Zipa gelegenen Höhen und decken daselbst den Granit. Zu den miocenen Ablagerungen gehören die bräunlichen, mergligen Sandsteine des Suramstockes, deren Ausläufer im Orte Suram zu sehen sind, sie bilden vor Allem die Höhenrücken, welche südlich und nördlich das Flüsschen Suramula begrenzen und fallen allmähig bis zum Thalabhange des Kurflusses, wo sie dann nächst der Station Michailowo unter dem Alluvium der Ebene verschwinden.

Nach diesem Gutachten wird der von der Gesellschaft projektierte grosse Tunnel im grössten Theile seiner Länge voraussichtlich durch Granit gehen, welcher den Zentralstamm aller zu dem Suramgebirge gehörigen Berge bildet. Wenn auch, wie früher erwähnt, der Granit daselbst mit Adern von Melaphyr, Diabas und Hornsteinporphyr stellenweise durchzogen ist, so können diese Gesteine doch keinen nachträglichen Einfluss auf den Bau des Tunnels haben, da deren Härten und Dichten dem Granit nicht nachstehen.

Die Gesamtkosten des Umbaues betragen nach den von der Gesellschaft vorgelegten Projekt, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt, fl. 12 286 160·00, wobei zu bemerken ist, dass das Schienenmaterial in dem Kapitel

Oberbau unberücksichtigt blieb, und aus den bestehenden Vorräthen der Gesellschaft genommen wird.

Diese Summe wurde von der Abtheilung für Eisenbahnen im Kommunikations-Ministerium auf fl. 12 242 500 mit Einrechnung eines Betrages von fl. 226 054·86 als Unvorhergesehenes herabgesetzt und von der Kommission, zusammengesetzt aus Delegirten des Kommunikations-Ministeriums, des Finanzministeriums und der Gesellschaft, im Jahre 1885 auf Basis neuerlicher kommissioneller Erhebungen auf fl. 12 478 500 mit Einrechnung von fl. 372 054 als Unvorhergesehenes richtiggestellt und für den Bau genehmigt.

		Projekt der Gesellschaft vom Jahre 1883	Nach der Prüfung der Eisenbahn-Abtheilung im Kommunikations-Ministerium	Richtiggestellt von der Kommission aus dem Kommunikations- und Finanz-Ministerium
Gulden *) österreichischer Währung				
I.	Grandeinlösung . . .	13 381·33	12 143·63	11 435·97
II.	Unterbau	1 983 119·21	1 794 848·89	1 794 415·89
III.	Objekte, Brücken . .	363 812·48	360 003·13	358 840·83
IV.	Oberbau	151 155·86	118 341·60	179 583·21
V.	Ausrüstung der Strecke	384·89	384·89	384·89
VI.	Telegraphen	2 781·68	2 781·68	2 781·68
VII.	Wächterhäuser, Kasernen etc.	32 686·00	32 957·40	32 957·40
VIII.	Hochbauten	150 302·40	109 738·52	112 360·74
IX.	Wasserversorgung . .	47 200·00	47 200·00	35 400·00
X.	Stationseinrichtung .	15 608·84	10 202·28	10 296·68
XI.	Tunnel, grosser . . .	8 564 174·50	8 564 174·50	8 564 174·50
	„ kleine	857 270·00	838 685·00	838 685·00
XII.	Bauadministration . .	106 282·60	124 985·60	165 129·92
	Zusammen	12 286 160·00	12 016 445·14	12 106 446·00
XIII.	Unvorhergesehenes .	—	226 054·86	372 054·00
	Gesamtsumme	12 286 160·00	12 242 500·00	12 478 500·00

Die hauptsächlichsten Aenderungen, welche sowohl die Abtheilung der Eisenbahnen im Ministerium, als auch die Schlusskommission der Ministerien der Kommunikation und Finanzen an dem Projekt der Gesellschaft vornahmen, bestanden in der Weglassung der Station Teseri, ferner theils in der Verminderung der Massen, theils der Preise. Einen namhaften Abstrich an den Kosten machte die Eisenbahn-Abtheilung des Kommunikations-Ministeriums bei dem Kapitel für Oberbau durch Herabminderung der Preise. Die Regierung dagegen forderte gegenüber dem Voranschlag der Gesellschaft und dem der Abtheilung eine ausschliessliche Verwendung von Eichenschwellen, eine Vermehrung derselben auf den Steigungen um 175 Stück gegenüber den veranschlagten 1400 Stücke pro Werst, die Verwendung von Laschen, Unterlagsplatten, Schrauben und Nägel nach den neuen Bestimmungen für den Oberbau. Der Abstrich der Kosten für Hochbauten, Kapitel VIII, von Seite der Regierung ergab sich durch die Weglassung der Station Teseri. Die Vermehrung der Kosten für Bauadministration, Kapitel XII, gegenüber dem Voranschlag der Gesellschaft gründet sich auf das Verlangen der Regierung, die Auslagen

der Regierungsbeamten, Gendarmerie in das Projekt aufzunehmen.

Für Brücken, Kapitel III, sind von der Regierungskommission 358 840·83 fl. bewilligt, während die Gesellschaft für dieses Kapitel 363 812·48 fl. berechnet und die Eisenbahnabtheilung im Kommunikations-Ministerium den Betrag von 360 003·13 fl. beantragt. Die Differenzen kommen daher, dass das Kommunikations-Ministerium den Preis für das Kilogramm Eisenbestandtheile der fertigen Brücke von 0·36 fl. auf 0·341 fl. herabgesetzt, und die Regierungskommission die Gewichtsstärken der Eisenkonstruktionen verminderte.

Es werden im Ganzen 12 Brücken mit einem Gesamtgewicht von 64 616 kg nöthig und zwar sind die Einzelgewichte je nach den Spannweiten folgender Art angenommen:

für Spannweiten von 3·209 m . . .	2 460 kg
„ „ „ 4·266 „ . . .	2 952 „
„ „ „ 6·399 „ . . .	4 920 „
„ „ „ 8·532 „ . . .	8 856 „
„ „ „ 12·798 „ . . .	13 940 „

Endlich die Einstellung eines Betrages für unvorhergesehene Arbeiten und aussergewöhnliche Vorkommenheiten, Kapitel XIII, genehmigte die Regierung in Folge Begründung der Gesellschaft, dass sich während der eventuellen Bauzeit von vier Jahren und der grossen vorkommenden Arbeiten neue Erfordernisse einstellen können, ferner dass bei der zuverlässig eintretenden Vermehrung des Verkehrs während der Bauzeit bedeutende Auslagen für die Sicherheit und Möglichkeit des Betriebes auf der bestehenden Bahn nöthig werden, die in dem Projekt und durch die grossen Abstriche keine Berücksichtigung fanden.

Die Station Teseri, zwischen Beglet und Michailowo gelegen (Zeichnung, Taf. XXVII), wurde von der Gesellschaft, trotzdem die Entfernung von Beglet nach Michailowo keine grössere ist, als die zwischen den Stationen Malita-Zipa, in Berücksichtigung des bedeutend grösseren Verkehrs der in der Richtung zum schwarzen Meere in der ersten Strecke im Gefälle von 25‰, in der zweiten Strecke in der Steigung 10‰ gefahren wird, beantragt, um einen ungestörten Betrieb in allen Fällen zu sichern.

Die Gründe, welche die Regierung bewogen hatten die Errichtung der Station Teseri fallen zu lassen, sind, dass auf der Steigung von 10‰ mit einer Geschwindigkeit von 20 Werst (21·3 km) gefahren und der für den Umbau angenommene Verkehr ohne Störung bewältigt werden kann. Erst wenn der Verkehr in der Art zunimmt, dass mehr als 25 Züge täglich in beiden Richtungen nothwendig werden, wird ein Bedürfniss für die Errichtung der Station Teseri eintreten, in dem Falle müsste aber auch eine Station zwischen Malita und Zipa, in welcher Strecke die höchste Steigung 25‰ ist und bei gleicher Zugkraft auf der Steigung mit 15 Werst (16·0 km) gefahren werden kann, eingeschaltet werden.

Nach dem von der Regierung geänderten Project enthält die umgebaute Strecke zwischen Malita und Michailowo bloss die beiden Stationen Beglet und Zipa.

*) Der Rubel gerechnet mit fl. 1·18.

Die hauptsächlichsten, von der Gesellschaft ermittelten und von der Regierung richtiggestellten Einheitspreise für die einzelnen Arbeiten, nach denen die Kosten des Projektes berechnet erscheinen, sind folgende:

1 m ³ Felsensprengung, je nach der Härte des Gesteins	fl. 1·10 bis	fl. 1·83
1 m ³ Erdausgrabung im Mittel	"	0·49
1 m ³ Mauerwerk in Cementmörtel für Stütz- und Futtermauern	"	17·57
1 m ³ trockenes Mauerwerk	"	8·54
1 m ³ Steinsatz	"	4·27
1 kg Eisenkonstruktion für Brücken sammt Montirung	"	0·34
1 m ³ Oberbauschotter sammt Einbringung und Planirung	"	1·77
1 kg Laschen	"	0·18
1 kg Unterlagsplatten	"	0·15
1 kg Schrauben	"	0·26
1 Stück Eichenschwelle	"	1·49
1 km Oberbaulegung, inbegriffen Zufuhr	"	276·50
1 m ² Fläche Aufnahmegebäude IV. Classe	"	59·80
1 m ² " Frachtenperron, gemauert und mit Eisenkonstruktion gedeckt	"	41·60
1 m ² Fläche Frachtenperron, offen	"	20·80
1 m ² " Wohngebäude	"	44·20
1 Lokomotivgebäude	"	4708·00
1 Wasserstationsgebäude	"	3669·70
1 Wächterhaus, 27·25 m ² Fläche, sammt Einzäunung und Einrichtung	"	1003·00
1 Arbeiter-Wohnhaus, 90·80 m ² Fläche, sammt Einzäunung und Einrichtung	"	3091·60
1 freistehender Abort, gemauert	"	1062·00
1 Eiskeller	"	590·00

Was den in der Gesamtkosten-Zusammenstellung (Kapitel XI, Tunnelarbeiten) angegebenen Betrag von 9 402 859·50 fl. anbelangt, so theilt sich derselbe in zwei Posten, und zwar:

a) Kosten für den grossen Tunnel	fl. 8 567 544·70
b) " " die kleinen "	" 835 314·80

An kleinen Tunnels kommen fünf mit dem Normalprofil für die zweigeleisige Bahn nach den Typen II bis V des grossen Tunnels (Taf. XXVII) in einer Gesamtlänge von 702·82 m vor, wovon der längste 275·16 m hat, ferner ein Wasserleitungs-Tunnel mit einer Länge von 96·0 m und 9 m² Lichtöffnung.

Die Kosten der kleinen Tunnels wurden nach den Erfahrungen bei dem Bau des Tunnels auf der Strecke Samtredi-Batum berechnet. Derselbe ist 164·24 m lang und kostete nach den abgeschlossenen Rechnungen für 1 lfd. Mtr.:

Ausbruch, Böldzung etc.	fl. 749·60
Mauerung längs des ganzen Tunnels	" 620·70
Verwaltungskosten	" 41·66
Zusammen	fl. 1411·96

In Berücksichtigung, dass das Gebirge am Suram-Uebergang nach den geologischen Erhebungen günstiger und fester sich zeigt, als jenes des Batum-Tunnels war,

wurde bloß die Hälfte der Mauerung und der Preis für den lfd. Mtr. angenommen:

Ausbruch, Böldzung etc.	fl. 749·60
Mauerung	" 310·35
Aufsicht etc.	" 41·66
Summe	fl. 1101·61

Der Preis für den Wasserableitungs-Tunnel wurde berechnet für 1 m Länge mit fl. 636·20, daher die Kosten der kleinen Tunnels:

5 kleine Tunnels 702·82 m Länge zu fl. 1101·61	fl. 774 239·20
1 Wasserleitungs-Tunnel, 96·00 m Länge à fl. 636·20	" 61 075·20
Zusammen	fl. 835 313·40

Der grosse Suram-Tunnel mit einer Länge von 4423·10 m, ist zweigeleisig mit einem Lichtprofil von 53·66 m² beantragt. Der Bau ist im Sohlenstollen mittelst Bohrmaschinen, in den übrigen Theilen mit Handbohrung in Aussicht genommen.

Für den Maschinenbetrieb zur Bohrung und Ventilation steht auf der Begleit-Seite aus dem Kurflüsschen während der Sommermonate Wasser zu Gebote, während der Wintermonate jedoch kann hierauf nicht mit Sicherheit gerechnet werden; auf der Seite von Zipa fehlt das Wasser beinahe gänzlich, so dass daher auf beiden Seiten hauptsächlich nur auf die Dampfkraft gerechnet werden kann.

Zur Berechnung der Kosten der Einrichtungen für die Maschinenarbeiten waren, wie in dem Projekt erwähnt ist, in Berücksichtigung, dass in Russland ein Tunnelbau von dieser Länge noch nicht zur Ausführung kam, und daher die lokalen Erfahrungen und Anhaltspunkte für eine Kostenberechnung fehlten, die Kosten der Einrichtungen des Gottard- und vor Allem die des Arlberg-Tunnel maassgebend.

Auf Basis dieser Kosten und in Berücksichtigung der kürzeren Rohrleitungen, des Wegfalles der Betriebswasserbeschaffung, dagegen der Ausgabe des Kohlenverbrauches für die Dampfmaschinen, wurden die folgenden Kosten angenommen:

1. Herstellung der Einrichtungsplätze, Ablagerungsplätze, Wege etc. etc.	fl. 59 000·—
2. Rohrleitungen, Maschinen etc. für die Bohrung und Ventilation im Tunnel	" 387 500·—
3. Heizung und Wartung der Dampfmaschinen als Betriebskraft	" 632 500·—
4. Gebäude für Kanzleien und Wohnungen	" 36 000·—
5. " " Arbeiterwohnungen etc.	" 115 000·—
6. " und Einrichtungen der Werkstätten	" 149 000·—
7. Gebäude für Magazine etc.	" 37 000·—
8. Einrichtungen und Vorkehrungen für die Gesundheitspflege der Arbeiter	" 55 000·—
9. Bau und Einrichtung zur Absteckung Tunnelachse während des Baues	" 33 000·—
10. Verschiedenes und Unvorhergesehenes	" 6 000·—
Zusammen	fl. 1 510 000·—
daher für den laufenden Meter	" 341·33

Für die Ausbruchsarbeiten sammt Förderung und der Mauerung wurden für die verschiedenen Bodengattungen

8 Normalprofile (Taf. XXVII) aufgestellt, von denen jedoch in Folge der geologischen Erhebungen für die Kostenberechnung bloss die ersten 5 Profile, welche sich auf felsigen Boden beziehen, maassgebend waren.

Profil-Nr.	Bodengattung	Gewölbsstärke am Schluss	Ausbruchfläche
		Centimeter	Quadrat-Meter
I	Sehr harter Felsen, bloss Kappengewölbe	42·66	68·49
II	Sehr harter Felsen, Kappengewölbe, einseitiges gerades Widerlager	42·66	74·42
III	Sehr harter Felsen, Kappengewölbe, beiderseits gerades Widerlager	53·32	75·59
IV	Harter Felsen, Kappengewölbe, beiderseits gewölbtes Widerlager	64·00	75·77
V	Verwitterbarer Felsen, Kappengewölbe, beiderseits gewölbtes Widerlager	74·65	79·50
	Mittlere Ausbruchfläche	—	74·54
	Sohlenstollenfläche	—	6·81

Die Kosten für den laufenden Meter wurden berechnet:
Für den Sohlenstollen mit Maschinenbetrieb . . . fl. 215·75
Für die übrigen Theile mit Handkraft . . . „ 663·91
Gesamtkosten, Ausbruch sammt Förderung mit Bötzung für den laufenden Meter fl. 879·66

Das Tunnelmauerwerk ist berechnet nach den verschiedenen Profilen mit den Preisen:
1 m³ Kappengewölbe mit 42 cm starken Verkleidungssteinen in Cementmörtel fl. 60·76
1 m³ Widerlagsmauer mit 42 cm starken Verkleidungssteinen in Cementmörtel „ 42·53
1 m³ Widerlagsmauer ohne Verkleidung in Cementmörtel „ 24·21

Die Kosten des Wasserabzugskanales der beiden Portale und der Nischen sind berechnet:
Wasserabzugskanal
im Ganzen fl. 48 919·49; für 1 m Länge fl. 11·06
2 Portale . . . „ „ 19 594·33; „ 1 m „ „ 4·23
die Nischen . . . „ „ 9 797·17; „ 1 m „ „ 2·21
Die einzelnen Kosten zusammengestellt geben die Gesamtkosten für den laufenden Meter Tunnel.

	Profil	
	I	II—V
Maschineneinrichtung	341·33	341·33
Ausbruch	879·66	879·66
Mauerung	497·89	765·09
Wasserabzugskanal	11·06	11·06
Portale	4·43	4·43
Nischen	2·21	2·21
Zusammen	1736·58	2003·78

Im Mittel wird angenommen, dass ein Viertel der Tunnellänge nach Profil I und drei Viertel der Länge nach dem Profile II bis V zur Ausführung gelangen werden, daher sich der mittlere Preis für einen laufenden Meter Tunnellänge stellt auf

$$\frac{1}{4} \times \text{fl. } 1736·58 + \frac{3}{4} \times \text{fl. } 2003·78 = \text{rund fl. } 1937$$

und die Gesamtkosten des Tunnels auf:
$$4423·10 \text{ m} \text{ à fl. } 1937 = \text{fl. } 8\,567\,544·70.$$

Was die Bauzeit des Tunnels, beziehungsweise des ganzen Umbaues anbelangt, so wurde von der Gesellschaft und von der Eisenbahn-Abtheilung im Kommunikations-Ministerium ein durchschnittlicher monatlicher Fortschritt im Sohlenstollen mit Maschinenbetrieb auf jeder Seite von 70 m, ferner zwölf Monate Vorbereitungszeit für den Beginn der Maschinenbohrung, endlich neun Monate für die Vollendungsarbeiten, daher eine Gesamtbauzeit von 60 Monaten angenommen.

Die Regierungskommission, bestehend aus Vertretern des Kommunikations- und Finanzministeriums vom Jahre 1885 dagegen hat den am Arlberg kontraktlich festgesetzten täglichen Fortschritt der Maschinenbohrung im Sohlenstollen von 3·3 m pro Tag als Basis, zwölf Monate Vorbereitungszeit bis zum Beginn der Maschinenbohrung und vier Monate für die Vollendungsarbeiten angenommen, und als Vollendungstermin des ganzen Umbaues vier Jahre festgesetzt.

Schliesslich wird in dem Projekt auch noch der Vortheil des Umbaues der Bergstrecke in militärischer Beziehung im Falle einer Mobilisirung nachgewiesen und das Verhältniss der Leistungsfähigkeit in dieser Beziehung auf der bestehenden und der projektirten Suramlinie ziffernmässig berechnet:

Auf der bestehenden Linie können, wie früher erwähnt, in einer Richtung 16 Züge zu 12 Wagen befördert werden, rechnet man 2 Züge für Zivilbeförderung, so bleiben 14 Züge für Militärtransport. Nach den Erfahrungen benöthigt ein Armeekorps zur Beförderung 3990 Wagen, eine Infanterie-Division 840 Wagen, es werden daher zur Beförderung nöthig

eines Armeekorps $\frac{3990}{12 \times 14} = 23·75$ Tage,
einer Infanterie-Division $\frac{840}{12 \times 14} = 5·00$ Tage.

Nach dem Umbau können täglich 25 Züge, beziehungsweise 23 Militärzüge zu 30 Wagen befördert werden, und es werden nöthig sein:

für ein Armeekorps $\frac{3990}{30 \times 23} = 5·78$ Tage,
für eine Infanterie-Division $\frac{840}{30 \times 23} = 1·22$ Tage.

des Gesamtverkehrs im Jahr 1884 auf der transkaukasischen Eisenbahn. Gesamtlänge 1004·8 km.
1 Werst = 1·067 km; 1 Put = 16·381 kg; 1 Put Werst = 0·0175 tkm; 1 Rubel Silber = 100 Kopeken = 1·62 fl. österr. Währung.

Rechnungs- Titel		Benennung der Arbeit	Summe		Vertheilt auf	
Ab- theilung	Kapitel		Einzeln	Zusammen	Personen- verkehr	Frachten- verkehr
Nach den Rechnungen wurden im Ganzen befahren 2 444 378·6 km.			Oesterr. Währung Gulden in Silber			
Personenverkehr.						
Personen-Kilometer 63 439 232·97						
ab Militär-Kilometer 13 196 122·50						
bleibt 50 243 110·47						
den Reisenden im Durchschnitt gerechnet mit 0·082 :						
gibt Personen-Tonnen-Kilometer . 4 120 217·59						
Gepäck der Reisenden 350 948·22						
Summe der Personen-Tonnen-Kilometer 4 471 165·81 netto.						
Zur Beförderung wurden gebraucht:						
4achsige Wagen . . . 2 637 697·6 Wag.-Km., 43 261 207·50 Tonn.-Km.						
2	"	I. Kl. 388 681·4 " " 3 824 887·50 " "				
"	"	II. " 255 566·8 " " 2 502 374·75 " "				
"	"	III. " 915 416·5 " " 8 258 028·62 " "				
Arrestantenwagen . 13 965·9 " " 121 858·59 " "						
Postwagen 679 967·1 " " 6 245 246·00 " "						
Gepäckswagen . . . 731 248·2 " " 6 128 572·47 " "						
Summa Netto . 5 622 543·5 Wag.-Km., 70 342 175·43 " "						
gibt Achsen-Km. 2 637 697·6 × 4 + 2 984 845 9 × 2 = 16 420 482·2.						
Gesamtsumme des Personenverkehrs brutto:						
4 471 165·81 + 70 342 175·43 = 74 813 341·24 Tonnen-Kilometer.						
Auf 1 Tonn.-Kilometer netto kommen 16·7 Tonn.-Kilometer brutto						
Frachtenverkehr.						
Frachten aller Art Gesamtsumme netto 184 500 351·00 Tonn.-Km.						
Hievon ab Passagiergepäck . . . " 350 948·22 " "						
bleibt . . . 184 149 302·78 Tonn.-Km.						
Hinzu Militär-Transport 1 082 156·25 " "						
Summa Frachtenverkehr netto 185 231 559·03 Tonn.-Km.						
Zur Beförderung wurden gebraucht an 2achsigen Wagen:						
Gedeckte Wagen 20 065 956·69 Wag.-Km., 115 174 828 75 Tonn.-Km.						
Cisternen- " 13 993 953·61 " " 91 806 631·00 " "						
Halbgd. " 453 396·04 " " 2 230 758·50 " "						
Kohlen- " 375 292·71 " " 1 692 886·19 " "						
Plateaux- " 3 029 238·00 " " 12 420 693·62 " "						
Summa netto 37 917 827·05 Wag.-Km., 223 325 798·06 Tonn.-Km.						
gibt Achsen-Kilometer 37 917 827·05 × 2 = 75 835 654·10.						
Gesamtsumme des Frachtenverkehrs brutto:						
185 231 559·03 + 223 325 798 06 = 408 557 357·10 Tonnen-Kilometer						
Auf 1 Tonn.-Kilometer netto kommen 2·2 Tonn.-Kilometer brutto.						
</						

B e m e r k u n g e n.

ad A. Nach der Rechnung vom Jahre 1884
 beträgt der Gesamtverkehr . . . 2 444 378 Zug-Kilometer
 hievon entfallen auf Personenverkehr 636 682 " "
 " Frachtenverkehr 1 807 696 " "
 daher die Vertheilung der Gesamtkosten von fl. 1 114 442 88 auf Personen- und Frachten-
 verkehr nach dem Verhältniss von 636.682 : 1 807 696 = 1 : 2.83.
 ad B. Die Auslagen für Maschinen-Heizung und Wasser-Versorgung wurden proportional ange-
 nommen, der Gesamtanzahl Tonnen-Kilometer des Personen- und Frachtenverkehrs, sowie
 der diesbezüglichen Bahngeschwindigkeiten, u z w. beträgt die mittlere Geschwindigkeit
 der Personenzüge 26.68, der Güterzüge 16.00 Kilometer.
 Summe der Personen-Tonnen-Kilometer brutto . . 74 813 341
 " " Frachten- " " " " 408 557 357

daher die Vertheilung der Gesamtsumme von fl. 595 246 35 auf den Personen- und Frachtenverkehr nach dem Verhältniss $74\ 813\ 341 \times 26.7 : 408\ 557\ 357 \times 16.0 = 1 : 3.28$.

ad C. Die Auslagen für Wagenschmiere wurden proportional getheilt nach der Anzahl der Wagenachsen-Kilometer.

Personenverkehr	16 420 482	Achsen-Kilometer
Frachtenverkehr	75 835 654	

daher die Gesamtkosten von fl. 61 201 98 vertheilt nach dem Verhältniss $16\ 420\ 482 : 75\ 835\ 654 = 1 : 4.60$.

ad D. Die Gesamtkosten der Wagen-Reinigung wurden vertheilt zu zwei Drittel für den Personen- und ein Drittel für den Frachtenverkehr.

Die Gesamtkosten der Maschinen-Erhaltung sammt Zugehör wurden proportional vertheilt nach den Auslagen des Ersatzes der Verkehrsmaterialien.

Vergleichende Zusammenstellung

der Erträge der hauptsächlichsten russischen Eisenbahnen im Jahre 1884 und der Kosten des Verkehrs auf einen Tonnen-Kilometer.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Name der Bahn	Länge der Bahn-Kilometer	Anzahl der Zug-Kilometer	Kosten der vom Verkehr abhängigen Gesamt-Anlagen	Personen-Verkehr						Frachten-Verkehr					
				Gulden	Anzahl der Zug-Kilometer	Anzahl der Tonnen-Kilometer netto	Anzahl der Tonnen-Kilometer brutto	Summe der vom Verkehr abhängigen Kosten	Kosten für 1 Tonnen-Kilometer brutto	Kosten für 1 Tonnen-Kilometer netto	Anzahl der Zug-Kilometer	Anzahl der Tonnen-Kilometer netto	Anzahl der Tonnen-Kilometer brutto	Summe der vom Verkehr abhängigen Kosten	Kosten für 1 Tonnen-Kilometer brutto	Kosten für 1 Tonnen-Kilometer netto
								Gulden	Kreuzer	Kreuzer				Gulden	Kreuzer	Kreuzer
1	Nikolajewsk	644·47	8 781 930	6 906 079·85	2 828 567	31 846 992	389 873 293	1 981 964·36	0·50	6·2	5 953 362	1 179 989 598	2 626 904 996	4 924 115·49	0·18	0·41
2	Orlowsk-Witelska	520·69	3 286 772	2 329 068·51	771 296	3 396 842	77 752 947	422 369·54	0·54	12·4	2 515 475	406 228 144	892 516 745	1 906 698·97	0·21	0·46
3	Süd-West	2451·97	10 206 866	9 010 350·27	3 340 121	33 938 664	508 387 004	2 677 466·84	0·52	7·8	6 866 744	1 244 378 062	2 726 828 081	6 332 883·43	0·23	0·50
4	Dünaburg-Witelska . . .	260·35	1 467 444	1 193 011·21	383 888	3 497 330	34 153 224	348 563·27	1·02	9·9	1 083 555	157 202 481	365 832 532	844 447·94	0·23	0·53
5	Nižegorodskaja	437·47	3 349 739	2 536 295·83	1 032 204	14 216 819	181 059 579	48 392·64	0·02	0·3	2 317 535	309 763 262	688 577 507	2 487 903·19	0·36	0·80
6	Moskau-Kursk	535·63	4 123 323	3 708 218·07	1 446 552	21 746 034	238 480 169	1 320 692·79	0·55	6·0	2 676 771	419 212 707	901 367 160	2 387 525·28	0·26	0·56
7	Gräze-Tscharitschin . .	730·89	2 964 848	3 271 258·76	614 482	5 444 422	87 537 224	544 530·73	0·62	10·0	2 350 366	443 888 598	989 354 503	2 726 728·03	0·27	0·61
8	Losow-Sewastopol	665·81	1 738 818	1 730 079·81	665 079	7 423 656	85 671 079	591 864·42	0·69	7·9	1 073 739	182 622 637	373 694 187	1 138 215·39	0·33	0·62
9	Ural-Gornozawodska . . .	704·22	1 604 094	1 331 122·77	497 606	4 504 376	72 416 409	424 820·34	0·58	9·4	1 106 488	142 037 666	287 870 983	906 302·43	0·31	0·63
10	Morschansk-Syzwanska . .	531·37	2 440 209	1 936 709·71	592 206	4 075 195	80 766 947	467 942·31	0·57	11·4	1 848 003	202 850 355	457 476 174	1 468 767·40	0·32	0·72
11	Weichsel	524·96	2 122 584	1 700 796·07	850 116	6 775 320	95 142 648	630 460·50	0·66	9·3	1 272 467	146 026 626	346 773 981	1 070 335·57	0·30	0·73
12	Orenburg	542·04	1 955 617	1 659 202·44	582 424	3 426 260	68 466 001	460 164·24	0·67	13·4	1 373 193	154 920 425	358 120 017	1 199 038·20	0·33	0·77
13	Charkow-Nikolajewskaja . .	884·64	3 031 446	2 827 485·13	1 161 795	13 161 534	141 173 846	955 453·24	0·67	7·2	1 869 650	232 992 138	552 353 619	1 872 031·89	0·33	0·80
14	St. Petersburg-Warschau .	1287·87	5 805 412	4 278 457·00	2 913 827	28 618 587	419 212 640	2 184 959·04	0·52	7·6	2 891 584	260 865 566	714 298 745	2 093 497·96	0·29	0·80
15	Transkaukasus	1004·05	2 444 378	2 159 313·31	636 682	4 471 165	74 813 341	563 187·59	0·75	12·5	1 807 696	185 231 559	408 557 357	1 596 125·72	0·39	0·85

Anmerkung: Der Silber-Rubel wurde berechnet mit fl. 1·62 3. W.

Berechnung

der Kosten des Betriebes mit den Fairlie-Maschinen auf der Bergstrecke Kwirili-Michailowo der transkaukasischen Eisenbahn
vor und nach dem Umbau.

Zusammengestellt auf Basis der Annahme eines täglichen Verkehrs von 192 Wagen in jeder Richtung, welcher auf der bestehenden Berglinie unter
der Voraussetzung einer Vergrößerung der Station Zipa und einer Vermehrung der Maschinen als Grösstwerth möglich wäre.

Benennung der Auslagen	Vor dem Umbau Brutto-Lokomotiv-Kilometer		Nach dem Umbau Brutto-Lokomotiv-Kilometer		Ersparniss an Lokomotiv-Kilometer	
	199 494 + 497 680 697.174		299 008		398 166	
	für 1 Lokomotiv- Kilometer Brutto-Fahrt	Summe	für 1 Lokomotiv- Kilometer Brutto-Fahrt	Summe	für 1 Lokomotiv- Kilometer Brutto-Fahrt	Summe
Gulden österreichischer Währung*)						
Kapitel I. Ersätze, Reserven.						
1. Abnutzung der Schienen	0.114	79 477.84	0.114	34 086.91	—	45 390.92
Kapitel II. Verkehrsdienst.						
1. Gehalt der Ober-Kondukteure à fl. 777.60	—	{ 26 Mann 20 217.60	—	{ 16 Mann 12 441.60	—	7 776.00
2. Gehalt der Kondukteure à fl. 486.00	—	{ 283 Mann 132 444.00	—	{ 157 Mann 74 202.00	—	58 242.00
3. Quartiergelder des Zugbegleitungs-Personales, ein Achtel der Gehalte	—	19 082.60	—	10 830.45	—	8 252.15
4. Bekleidung desselben Personales, ein Vierzehntel des Gehaltes	—	10 904.30	—	6 188.83	—	4 715.47
5. Erhaltung und Vergrößerung der Station Zipa	—	4 050.00	—	—	—	4 050.00
Summe des Kapitels II	—	186 698.50	—	103 662.88	—	83 035.62
Kapitel III. Zugkraftbedienung.						
1. Gehalt des Ober-Maschinisten	—	2 916.00	—	—	—	2 916.00
2. Gehalt des Gehilfen des Depôt-Vorstandes	—	2 430.00	—	—	—	2 430.00
3. Löhnung der Heizer	—	1 166.40	—	—	—	1 666.40
4. Quartiergelder derselben ein Achtel der Gehalte	—	814.05	—	—	—	814.05
5. Gehalte der Maschinisten I. Klasse à fl. 2430.00	—	{ 40 Mann 97 200.00	—	{ 16 Mann 38 880.00	—	58 320.00
6. Gehalte der Hilfsmaschinisten I. Klasse à fl. 1263.60	—	{ 51 Mann 64 443.60	—	{ 21 Mann 26 535.60	—	37 908.00
7. Lohn der Heizer à fl. 486.—	—	{ 103 Mann 50 058.00	—	{ 41 Mann 19 926.00	—	30 132.00
8. Quartiergeld ein Achtel der Gehalte und Löhne	—	26 462.70	—	10 542.70	—	15 920.00
9. Heizung der Fairli-Maschinen	0.80	557 739.20	0.80	239 202.40	—	318 536.80
10. Beleuchtung der Maschinen	0.0037	2 579.54	0.0037	1 106.33	—	1 473.21
11. Schmiermaterialie für die Fahrten	0.0685	47 756.42	0.0685	20 482.05	—	27 274.37
12. Reinigung	0.0233	3 684.15	0.0233	2 966.89	—	717.26
13. Wasserversorgung	0.0348	24 261.65	0.0348	10 405.48	—	13 856.17
14. Ersatz der Maschinen	0.4502	313 867.73	0.4502	134 613.40	—	179 254.33
15. Erhaltung der Maschinen etc.	0.0860	59 956.96	0.0860	25 714.71	—	34 242.25
Summe des Kapitels III	—	1 255 334.40	—	630 375.56	—	724 958.84
Summe der drei Kapitel	—	1 521 510.74	—	668 125.35	—	853 385.38
Kapitel IV. Einrichtungen zur Ergänzung durch Umbau in Prozent des Kapitals.						
Laut Erläuterung beträgt das Kapital, welches, falls der Umbau nicht geschehen würde, erspart wird, rund fl. 2 597 000.—, daher die Ersparung der Kosten an Amortisation und Realisirung mit 5.19%	—		0.0519	$\left(\frac{2\,597\,000}{0.95 - 0.0519} \right) =$	—	281 600.—
Gesamt-Summe	—	1 521 510.74	—	668 125.35	—	1 134 985.38

*) Der Rubel gerechnet mit fl. 1.62.

Erläuterungen zu Tab. III.

Zu Kapitel I. Nach der Rechnung vom Jahre 1876, in welcher zum ersten Male die Kosten der Fahrten der Berg- und der ebenen Strecke geschieden wurden, waren auf der Bergstrecke 187.150.3 Maschinen-Kilometer zurückgelegt worden, die Kosten der Eisenschienen-auswechslung betrugen fl. 39 881.78 daher für einen Maschinen-Kilometer 22.4 kr. Im Jahre 1877 wurden 248 679.3 Maschinen-Kilometer befahren, die Kosten der Schienenauswechslung betrugen fl. 667 258.56, daher für einen Maschinen-Kilometer 26.8 kr. Im Jahre 1878 begann die ununterbrochene Auswechslung der Eisenschienen gegen Stahlschienen, daher auch keine verlässlichen Daten über die Abnutzung vorliegen, und es wurde der Betrag von 11.38 kr. als Abnutzung für den Maschinen-Kilometer in Rechnung gestellt.

Zu Kapitel II. Die 64.0 km lange Bergstrecke der Poti-Tiflis-Bahn beginnt mit der Station Kwirili (126.92 km vom Poti entfernt) und endet mit der von Michailowo. Auf dem ersten Theil der Bergbahn Kwirili-Bezataban, 42.7 km lang, kommen Steigungen von 220/00 mit Minimalradien von 170.68 m und 250/00 mit Radien von 277.3 m vor; auf dem zweiten Theil Bezataban-Michailowo, 21.3 km lang, ist die Maximalsteigung 46.250/00 mit dem kleinsten Radius von 320.0 m.

Angenommen wird der grösste Verkehr, welcher auf dem bestehenden Suram-Uebergang möglich ist, dieser beträgt nach den Erfahrungen der Gesellschaft in 24 Stunden in jeder Richtung 192 Wagen, u. zw. in der Richtung zum schwarzen Meer voll beladen am Rückweg mit ein Viertel Belastung. Auf der Strecke Kwirili-Bezataban haben die Züge bei einfacher Zugkraft 30 Wagen, auf der Strecke Bezataban-Michailowo bei doppelter Zugkraft 12 Wagen.

Hienach ergeben sich die Anzahl der Züge in 24 Stunden nach jeder Richtung bei Benützung des gegenwärtigen Ueberganges: für die Strecke Kwirili-Bezataban $\frac{192}{30} = 6.4$ bei einfacher Zugkraft, für die Strecke Bezataban-Michailowo $\frac{192}{12} = 16.0$ bei doppelter Zugkraft.

Die jährlichen Maschinenfahrten:

$[365 \times (2 \times 42.7) \times 6.4] + 2 [365 \times (2 \times 21.3) \times 16.0] = 697\ 174$ Maschinen-Kilometer.

Nach den 11jährigen Erfahrungen leistet eine Fairlie-Maschine 17 605.5 km so ist die Zahl der nöthigen Maschinen $\frac{697\ 174}{17\ 605.5} = 39.6$ für Fahrten mit Zügen.

Hinzu kommen weiter nach den Rechnungen vom Jahre 1882 und 1883 für den Stationsdienst und für Reserven 30% an Maschinen für Fahrten ohne Züge.

Nach diesen stellt sich der Bedarf an Maschinenpersonale vor dem Umbau:

Zu jeder Maschine 1 Maschinenführer I. Klasse. 39.6 Mann
1 Hilfsmaschinenführer 39.6
30% 11.9 51.5 „
2 Heizer 79.2
30% 23.8 103.0 „

an Zugbegleitungs-personale; wobei bemerkt ist, dass auf der Strecke mit doppelter Zugkraft und Zügen mit 12 Bremswägen 1 Oberkondukteur, 12 Kondukteure, auf der Strecke mit einfacher Zugkraft und Zügen von 30 Wagen 1 Oberkondukteur, 10 Kondukteure verwendet werden; daher entfallen

bei einfacher Zugkraft $\frac{199\ 494}{17\ 605} = 11.32$ 11.32 Oberkond. 113.28 Kond.

bei doppelter Zugkraft $\frac{497\ 680}{17\ 605} = 14.15$ 14.15 „ 169.80 „

Zusammen . . . 25.5 Oberkond., 283.1 Kond.

Nach dem Umbau der Bergstrecke werden die grössten Steigungen in der Richtung des starken Verkehrs nach dem schwarzen Meer 100/00 in entgegengesetzter Richtung 270/00 betragen, daher werden auf der ganzen Bergstrecke Michailowo-Kwirili blos 6.4 Züge von 30 Wagen in 24 Stunden in jeder Richtung nöthig sein, um die 192 Wagen befördern zu können.

Die jährliche Fahrt der Maschinen wird dann betragen

$365 \times (64.0 \times 2) \times 6.4 = 299\ 008$ Maschinen-Kilometer

hinzu sind nöthig $\frac{299\ 008}{17\ 605} = 15.6$ Maschinen.

An Maschinenpersonale: 1 Maschinenführer I. Klasse. 15.6 Mann
1 Hilfsmaschinenführer 15.6
30% 4.6 20.2 „

2 Heizer 31.2
30% 9.3 40.5 „

An Zugbegleitungs-personale: 1 Oberkondukteur 15.7 „
10 Kondukteur 157.1 „

Zum Kapitel II, Post 5. wird bemerkt, dass um den Verkehr von 192 Wagen auf der bestehenden Suram-Linie zu ermöglichen, die Station Zipa vergrössert werden müsste, deren Kosten betragen fl. 4050.

Zu Kapitel III. Die Ausgaben für das Personale der Maschinen der Betriebserhaltung und der Aufsicht entfallen für die Bergstrecke nach dem Umbau in Folge der geringeren Anzahl Zug-Kilometer.

Die Heizung der Fairlie-Maschine kostet nach den Rechnungen vom Jahre 1882 für 1 km Fahrt fl. 0.80 für Fahrten mit und ohne Züge.

Nach den Einzelrechnungen für den Maschinendienst aus den Jahren 1877–1882 haben die Kosten für Bedienung, Beleuchtung, Erhaltung etc. der Maschinen und Wagen betragen:

Post-Nummer	Benennung der Arbeit	1878		1879		1880		1881		1882		Durchschnittliche Kosten für 1 Lokomotiv-Kilo- meter in Kreuzer
		Lokomotiv-Kilometer allgemeine Fahrt										
		302.807		320.921		348.412		328.471		283.408		
		Gesamtkosten in Gulden	1 Lokomotiv-Kilometer in Kreuzer	Gesamtkosten in Gulden	1 Lokomotiv-Kilometer in Kreuzer	Gesamtkosten in Gulden	1 Lokomotiv-Kilometer in Kreuzer	Gesamtkosten in Gulden	1 Lokomotiv-Kilometer in Kreuzer	Gesamtkosten in Gulden	1 Lokomotiv-Kilometer in Kreuzer	
1	Lokomotiv-Beleuchtung	1 666.46	0.55	923.25	0.29	1 060.95	0.35	925.36	0.28	870.26	0.31	0.36
2	Schmieren der Maschinen und Wagen	30 056.59	9.92	25 872.10	8.07	29 778.58	9.85	28 481.58	8.67	24 688.96	8.71	9.02
3	Reinigung derselben.	6 449.11	2.13	6 272.49	1.95	7 084.81	2.03	7 332.77	2.23	6 215.15	2.19	2.11
4	Wasserversorgung.	4 091.70	1.35	5 702.33	1.78	7 112.69	2.04	7 678.28	2.34	7 982.03	2.81	2.06
5	Erhaltung der Maschinen für Zugehör	23 496.87	7.76	20 368.42	6.35	18 679.27	54.44	150 610.69	45.86	153 614.62	54.20	51.70
6	Ersatz der Maschinen und Wagen. .	132 559.88	43.78	147 917.48	46.10							
	Zusammen		65.49		64.54		68.71		59.38		86.22	65.26

Die Auslagen für den Ersatz der Maschinen betrugen nach den Rechnungen :

im Jahr 1877 auf der Bergstrecke	47 657·16 fl., auf der ganzen Strecke	96 573 06 fl.
" " 1878 " " " "	70 797·24 " " " "	126 935·10 "
" " 1879 " " " "	97 553·80 " " " "	180 160·20 "

Die Erhaltungskosten der Maschinen sammt Zugehör in den Werkstätten betrugen:

im Jahr 1878	46 452·58 fl.
" " 1879	40 333·50 "
" " 1880	49 320·98 "
" " 1881	59 359·31 "
" " 1882	51 635·60 "

Die Kosten des reinen Lokomotivdienstes ohne den Wagen betragen nach Rechnung 1882, in welcher diese getrennt verrechnet erscheinen, bei einer Gesamtfahrt mit Zügen auf der Bergstrecke vom 283.408 Maschinen-Kilometer:

Post-Nr.	Benennung der Arbeit	Gesamtkosten in Gulden	1 Locomotiv-Kilometer in Kreuzer
1	Beleuchtung	870·26	0·31
2	Schmiermaterial	15 748·86	5·55
3	Reinigung	5 375·45	1·89
4	Wasserversorgung	7 982·03	2·81
5	Ersatz der Maschine	103 400·76	36·45
6	Erhaltung für Werkstätten	18 715·32	6·96
	Kosten für 1 Locomotiv-Kilom. Fahrt mit Zügen	—	53·97

Vergleicht man aus der Tabelle die 5jährigen durchschnittlichen Kosten von 65·26 kr. für 1 Locomotiv-Kilometer mit den Kosten von 68·32 kr. vom Jahre 1882, so findet sich ein Unterschied beider Kosten von 95%. Dies als Basis genommen zur Ermittlung der Einzelpreise für den Maschinendienst, so erhält man die mittleren Preise für 1 Lokomotiv-Kilometer mit vollem Zug

	Kreuzer
1. Beleuchtung	$0·31 \times 0·95 = 0·29$
2. Schmiermaterial	$5·55 \times 0·95 = 5·27$
3. Reinigung	$1·89 \times 0·95 = 1·79$
4. Wasserversorgung	$2·81 \times 0·95 = 2·67$
5. Ersatz der Maschinen	$36·45 \times 0·95 = 34·63$
6. Erhaltung der Maschinen sammt Werkstätten	$6·96 \times 0·95 = 6·61$
Zusammen	51·26

Hiezu 30% für Fahrten der leeren Maschinen auf den Stationsplätzen etc. gibt die Einheitspreise für 1 Locomotiv-Kilometer brutto (aller Fahrten).

	Kreuzer
1. Beleuchtung	0·37
2. Schmiermaterial	6·85
3. Reinigung	2·33
4. Wasserversorgung	3·48
5. Ersatz	45·02
6. Erhaltung	8·60
Zusammen	66·65

Zu Kapitel VI. Zu den Ersparungen an Auslagen müssen noch die Procente jener Kapitalsauslagen hinzugeschlagen werden, welche sich als unumgänglich nothwendig ergeben würden, um den Verkehr von 192 Wägen in jeder Richtung auf der Bergstrecke bewältigen zu können, wenn die bestehende Linie beibehalten, d. h. der Umbau der Bergstrecke nicht durchgeführt wird.

Diese Arbeiten würden bestehen:

	Gulden
1. in den Umbau der Station Zipa:	
für Erdarbeiten	30 173·60
" Oberbau	20 842·00
" Hochbau	30 295·40
	81 311 00
2. in der Vermehrung der Geleise auf den Stationsplätzen Bezataban, Zipa, Poni und Suram in einer Gesamtlänge von 5·00 km à fl. 16 200	81 000·00
3. in der Vermehrung der Fairlie-Maschinen nach Bemerkung zu Kapitel III um 24 Maschinen, hiezu ein Viertel als Ersatz gibt 30 Maschinen à fl. 97 200	2 916 000·00
4. in der Vermehrung der Lokomotivschupfen, Vergrößerung der Werkstätten etc. etc. für jede Maschine fl. 7 290 . .	218 700·00
Summa	2 597 011·00
Summa rund	2 597 000 00

Adhäsions- und Zahnradbahn für den Erztransport in Marienhütte bei Gölnitz (Ungarn).

Vom behördl. autor. Civil-Ingenieur **Moriz Kohut.**

(Mit Zeichnungen auf Taf. XXIX—XXXII.)

Einleitung.

In einem Seitenthale des Gölnitzflusses, dem sogenannten Zsakaróczthale, welches rd. 1·2 km unterhalb der Stadt Gölnitz auf der linken Seite in das Gölnitzthal einmündet, liegen auf der rechten Thallehne ausgedehnte, von der Erzherzog Albrecht'schen Güteradministration im Jahre 1882 angekaufte Grubenfelder, aus denen durch Stollenbetrieb Spatheisenstein und Brauneisenstein gewonnen wird.

In der Längsrichtung des Zsakaróczthales, dessen mittleres Sohlengefälle 70‰ beträgt, streichen Eisenerze mit wechselnder Mächtigkeit. Sechs in verschiedenen Höhen und Entfernungen vom Gölnitzthale liegende Stollen (Kalman-, Anton-, Maria-, Wilhelm-, Rudolf- und Susanna-Stollen) dienen zur Tagförderung der Erze.

Die Verfrachtung der gewonnenen Erze in's Gölnitzthal erfolgte früher durch Strassenfuhrwerke. Den gesteigerten Anforderungen der erzherzoglichen Hüttenwerke in Trzietitz (Oesterreichisch-Schlesien) konnte dieses Beförderungsmittel nicht genügen, und die erzherzogliche Kameral-Direktion in Teschen, in deren Verwaltungsgebiet dieser Bergbau gehört, entschloss sich über Vorschlag des in dieser Angelegenheit zu Rathe gezogenen, leider bereits verstorbenen Ober-Ingenieurs der Kaschau-Oderberger Bahn, Herrn Gregor, zum Bau einer Zahnradbahn.

Der Verfasser, von der erzherzoglichen Kameral-Direktion zur Projektirung dieser Bahn im Herbst des Jahres 1883 berufen, brachte mit Rücksicht auf die gegenseitige Lage der Stollen eine schmalspurige Adhäsions- und Zahnradbahn nach dem System Rigg en b a c h in Anwendung. Es erfolgten sodann unter Leitung des Verfassers nach dem von ihm ausgearbeiteten Detailprojecte die hauptsächlichsten Bauausführungen im Jahre 1884 (Mai bis Dezember) und die Betriebseröffnung Anfangs Februar 1885.

Beschreibung der Bahn.

Die Bahn beginnt am unteren Ende als horizontale Adhäsionsbahn mit einer Entladestelle, einem Ablagerungsplatze und einer Röstöfenanlage.

Die gerösteten Spatheisensteine und die Brauneisensteine werden in die normalspurigen Waggonen der Gölnitzthalbahn verladen und in die Trzietitzer Hüttenwerke überführt. Neben der Entladestelle ist eine Wasserstation, ein Lokomotivschuppen und eine kleine Geleise-Anlage. Letztere soll mittelst eines Adhäsions- und Zahnradbahngeleises an die Geleise der Station Marienhütte-Zsakarócz der Gölnitzthalbahn anschliessen, und soll dasselbe dazu dienen, die mit der Gölnitzthalbahn ankommenden Holzkohlen und Coaks zu den Röstöfen und das Grubenholz zu den Stollen zu befördern. Diese Geleiseverbindung ist vorläufig nicht ausgeführt.

An die beschriebenen Anlagen schliesst sich die offene Strecke der Bahn, welche abwechselnd als Zahnstangen- und Adhäsionsbahn ausgeführt ist, und zwar erfolgt dieser Wechsel zehnmal.

Bei der Führung der Bahnlinien wurde der Grundsatz festgehalten, dass die einzelnen Stollenmundlöcher

möglichst direkt von der Bahn zu berühren sind und nur dort, wo Terrain- oder örtliche Verhältnisse, wie in dem Dorfe Zsakarócz mit seinen strohgedeckten Hütten, dies nicht gestatten, von der Hauptstrecke möglichst kurze Zweiggeleise (Flügel) zu denselben zu erbauen sind; ferner wurde bestimmt, dass alle Verschubdienste mit der Lokomotive besorgt werden sollen.

Die Projektverfassung ergab als zweckmässigste Steigung für die Zahnstangenbahn 107‰ und 110‰ , für die Adhäsionsbahn 32‰ ; dabei konnten aber nur die Stollenmundlöcher des Anton-, Maria- und Susanna-Stollens direkt berührt werden, während zum Kalman-, Wilhelm- und Rudolf-Stollen Adhäsionsflügel mit kleinen Gegengefällen projektirt werden müssten.

Sowohl an den Abzweigstellen der Flügel, als auch an den bei den Stollenmundlöchern angeordneten Verladestellen der Hauptstrecke sind Adhäsionshorizontale eingeschaltet und in dieselben nebst den zwei Einfahrstücken in die Zahnstangen Adhäsionsweichen eingelegt, so dass man Zahnstangenweichen vermeiden konnte. Alles Uebrige zeigt das Längenprofil und die Situation, Taf. XXIX, Fig. 1 und Fig. 2.

Die wesentlichsten Daten über die Krümmungs- und Steigungsverhältnisse sind nachstehend zusammengestellt, Spurweite 1·0 m, Länge der Bahn 3·875 km, hievon entfallen auf die Adhäsionsstrecke . . 1·841 km, und auf die Zahnstangenstrecke 2·034 km, und zwar enthält letztere fünf Rampen zu 918 m, 230 m, 183 m, 348 m und 355 m (sammt den Uebergangskurven, woraus sich die Differenz mit dem Längenprofil erklärt).

Die Länge der Bahn sammt den Flügeln und Ausweichgeleisen zu den einzelnen Stollenmundlöchern (zu Kalman 176 m, Wilhelm 115 m, Rudolf 260 m) beträgt 4·568 km. Die Höhendifferenz der Endpunkte beträgt . . . 232·5 m. Es ist somit die mittlere Steigung auf 3·875 km 60‰ .

In den Geraden liegen 59‰ , in Bögen 41‰ der Gesamtstrecke.

Die Steigung auf der Adhäsionsstrecke zwischen dem Maria- und Wilhelm-Stollen, zugleich die stärkste Steigung, beträgt 32‰ (1:31·25).

Die Steigung auf der Zahnstangenstrecke beträgt auf den unteren drei Rampen 107‰ , auf den oberen zwei Rampen 110‰ .

Der kleinste Bogen auf der Adhäsionsbahn hat in der freien Strecke einen Halbmesser von 120 m, an den Verladestellen und der Entladestelle von 100 m u. 60 m, der Krümmungshalbmesser in den Ausweichen beträgt 60 m der Halbmesser der Bogen auf der Zahnstangenbahn ist durchwegs 200 m.

Die vertikalen Uebergangsbogen aus der Horizontalen in die Zahnstangen besitzen durchwegs 200 m als Halbmesser.

Unterbau.

Owohl sich die Bahnlinie dem Terrain möglichst anschmiegt und die Bahn das Gepräge eines Lehnbaues

trägt (das Gelände hat ein mittleres Seitengefälle von 1 : 1·8), waren doch grössere Erd- und Felsarbeiten nothwendig.

Es beträgt die Erd- und Felsbewegung rd. 69.500 m³.

Das Normalprofil des Unterbaues hat eine Kronenbreite von 3·3 m, das Schotterplanum eine Kronenbreite von 2·2 m, die Schotterdicke beträgt 0·25 m. In den Einschnitten sind Seitengräben von 0·9 m oberer Breite und 0·28 m Tiefe hergestellt. Grössere Brücken kommen nicht vor. Zur Durchführung der vorhandenen Wasserläufe, sowie des Tagwassers unter dem Bahnplanum dienen ein gewölbter Durchlass und zahlreiche gedeckte in Cementmörtel erbaute Durchlässe. Fig. 3, 4 und 5, Taf. XXIX zeigen einen solchen Durchlass.

Oberbau.

Die Stahlschienen sind 102 mm hoch und wiegen 23·75 kg pro lfd. Mtr. (Profil Kremsier-Hullein). Dieselben sind 8·0 m lang und ruhen in der Adhäsionsstrecke auf Eichenschwellen von 1·8 m Länge und 0·15 m Dicke in Entfernungen von 0·935 m mit schwebenden Stössen.

Die Anordnung der Weichen ist aus Fig. 13, Taf. XXXI ersichtlich.

In der Zahnstangenbahn sind die Stösse der Laufschienen und Zahnstangen fest angeordnet. Die Entfernung der Schwellen ist hier bedingt durch die 3 m langen Zahnstangensegmente, und beträgt dieselbe 1·0 m. Die kantigen Eichenschwellen haben bei einer Länge von 1·8 m verschiedene Breitendimensionen, je nachdem sie als Mittelschwellen unter den Zahnstangensegmenten, oder an den Stössen derselben oder endlich gleichzeitig an den Stössen der Letzteren und der Laufschienen liegen, und zwar sind dieselben bei einer gleichen Dicke von 0·15 m, 0·18 m, 0·25 m und 0·30 m breit.

In Folge dieser Anordnung wurden für die Bögen abgelängte Schienen nöthig, für den äusseren Strang von 9·017 m und für den inneren Strang von 8·972 m Länge. Diese Schienenlängen wurden auch in den geraden Strecken verwendet.

In den Zahnstangenstrecken erhielten die Schienen durchwegs Unterlagsplatten, und wurden gegen das Wandern zu Thal dadurch gesichert, dass man für die festen Stösse Winkellaschen anwendete, welche entsprechend eingeklinkt wurden. Fig. 16 und Fig. 17 (Taf. XXXI).

In den Bögen erhielten die Geleise Ueberhöhung (0·03 bis 0·08 m) und Spurerweiterung (0·006 bis 0·010).

Die Riggerbach'sche Zahnstange — der wesentlichste Theil des Oberbaues — ist aus den Figuren 11 und 12 ersichtlich. Dieselbe besteht aus zwei gleichschenkligen C-Eisen, zwischen welche die trapezförmig aus Walzeisen hergestellten Zähne sprossenartig eingienet sind. Die Zähne haben an den beiden Enden seitlich zwei cylindrische Flächen angefräst, und zwar so, dass oben und unten noch ebene Flächen übrig bleiben, um das Drehen der Zähne zu verhindern.

Bei der Fabrikation der Zahnstange ist hauptsächlich darauf zu achten, dass die angefrästen Zahn-Enden genau in die in gleicher Form gestanzten Oeffnungen der Stege der C-Eisen passen. Die etwas über die Stege hinausstehenden Enden der Zähne werden kalt vernietet, doch trägt diese Vernietung zur Festigkeit gegen die Angriffe des Zahnrades nichts bei.

Die Zahnstangensegmente haben eine Länge von 2·998 m, wiegen pro lfd. Mtr. 56 kg und werden bei mittlerer Temperatur mit einer Dilatation von 2 mm verlegt. Die Zahntheilung beträgt 100 mm und die Breite der Zahnstange zwischen den C-Eisen 130 mm. Die Oberkante der Zähne liegt 63·5 mm über der Schienenoberkante.

Für die Bögen wurden mit Rücksicht auf den grossen Radius von 200 m keine besonderen Segmente angefertigt, sondern die geraden Zahnstangenstücke im fertigen Zustande auf den Radius von 200 m gebogen.

An den Stössen ruhen die Zahnstangen auf gusseisernen Stühlen, dagegen auf den Mittelschwellen auf eichenen Klötzchen von 440 mm Länge, 180 mm Breite und 87·5 mm Höhe.

Eine Festlegung des Oberbaues auf den Zahnstangenstrecken durch Festlegung der Querschwellen an Mauerböden oder Piloten hat nicht stattgefunden. Es wurde angenommen, dass die Reibung zwischen den belasteten Holzschwellen und dem grösstentheils aus den Klaubsteinen der Einschnitte erzeugten scharfkantigen Schotter genügen wird, um ein Thalwärtswandern des Oberbaues zu verhindern, und ist diese Annahme durch die Erfahrung bestätigt worden.

Die Schienen wurden von der erzherzoglichen Franz Josef-Hütte in Trzinietz (Hüttenmeister Oelwein), die Zahnstangen von dem erzherzoglichen Hüttenamte Karls-Hütte (Hüttenmeister Hohenegger) geliefert.

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind bei dieser Bahn die Einfahrstücke (Taf. XXXI, Fig. 14 u. 15) von der Adhäsionsauf die Zahnstangenstrecke, welche zu bewirken haben, dass das Zahnrad der Lokomotive richtig in die Zahnstange eingreift. Dieselben haben die Gestalt der Zahnstange einer gewöhnlichen Wagenwinde, eine Länge von 3·073 m, sind durch Charnière mit der fixen Zahnstange verbunden, und werden durch drei Spiralfedern in einer bestimmten Lage gehalten, welche durch zwei gekröpfte Winkeleisen fixirt wird. Das Ganze ruht auf einem starken Eichenrost. Die Wirkung dieser Einfahrstücke zur Vermittlung des richtigen Eingriffes des Zahnrades der Maschine in die feste Zahnstange beruht im Wesentlichen auf der Differenz der Zahntheilungen des Einfahrstückes und des Zahnrades der Maschine. Ersteres hat eine Theilung von 102·5 mm, letzteres von 100 mm. Es wird sich somit beim Einfahren die relative Lage der Zähne des Zahnrades und des Einfahrstückes gegeneinander mit jedem Zahn um die Differenz der Theilungen, das ist um 2·5 mm verschieben. Im ungünstigsten Falle der Stellung des Zahnes des Zahnrades gegen den ersten Zahn des Einfahrstückes wird letzteres so lange niedergedrückt, bis sich die Zähne des Zahnrades gegen die Zähne des Einfahrstückes um die Summe der beiden Kopfbreiten verschoben haben. Dies tritt in unserem Falle nach einem Vorrücken der Maschine um $\frac{35 + 35}{2 \cdot 5} = 28$ Zähne ein, dann greifen die Zähne des Zahnrades in die Zahnücken des Einfahrstückes ein, und nun muss letzteres durch die Spiralfedern so kräftig in der oberen Lage gehalten werden, dass die Reibung zwischen den Zahnflanken nicht im Stande ist, dasselbe niederzudrücken. Ist dies der Fall, so müssen die Adhäsionsräder, so

lange das Zahnrad noch in das Einfahrstück eingreift, bei jeder Zahnücke um 2.5 mm schleifen und die richtige Einfahrt in die Zahnstange ist erreicht.

Diese Einrichtung, bei unserer Anlage zehnmal in Anwendung gebracht, funktioniert unter den vorliegenden Verhältnissen so sicher, dass während eines nun zwei- und einhalbjährigen Betriebes noch keine Störung stattgefunden hat. Es muss bloß beim Einfahren in die Zahnstange jedesmal die Geschwindigkeit von 12 auf 10, bzw. von 8 auf 6 km ermässigt werden. Was die Lage des Einfahrstückes im Längenprofil anbetrifft, so muss dasselbe so angeordnet werden, dass die Lokomotive beim Einfahren in dasselbe nur mittelst Adhäsion wirkt, und das Einfahrstück gar nicht oder nur schwach als Zahnstange beansprucht wird. Dasselbe muss deshalb beim Uebergang in die Steigung mehr in die Adhäsionsstrecke verlegt werden, als bei dem Uebergang in das Gefälle.

Anordnung und Einrichtung der Verladestellen und der Entladestelle.

Die Verladestellen sind, wo dies örtliche Verhältnisse gestatteten, unmittelbar vor den Mundlöchern der Stollen angeordnet, und bestehen aus einem Lagerplatz, welcher gegen die Bahn mit einer Perronmauer von 30 m Länge und von der Höhe eines Erzwagens (1.7 m) abgeschlossen ist. Auf dem Lagerplatze erfolgt die Scheidung des mittelst Grubenbahn aus den Stollen geförderten Erzes und Schlichtung desselben in Figuren behufs Uebernahme. Auf jeder Verladestelle sind auch die nöthigen Geleise und Weichen hergestellt, um den leeren Zug mittelst Lokomotive an den Verladeperron bringen zu können. Jede Verladestelle wird durch absperrbare Schranken abgeschlossen, damit, falls sich leere Wagen daselbst befinden, dieselben nicht, sei es in Folge von Ungeschicklichkeit oder Bosheit, auf die Rampen gelangen können.

In Fig. 8, Taf. XXX, ist die Verladestelle Anton-Stollen, in Fig. 7 die Verladestelle Rudolf-Stollen dargestellt.

Die Entladestelle am unteren Ende der Bahn (Fig. 6 und 9, Taf. XXX) besteht aus einem eisernen Gerüste (Blehbalken auf schmiedeisenen Böcken in Spannweiten von 5.6 m auflagernd) von 93.5 m Länge, auf welches die mit Erz beladenen Wagen von der Lokomotive geführt und sehr rasch entladen werden. Das entladene Erz sammelt sich auf der unterhalb des Absturzgerüsts gelegene Erzdeponie und wird entweder mittelst Schubkarren, für längere Entfernungen mittelst kleiner Rollwagen, auf die Siegener Schachtöfen, deren gegenwärtig 24 Stück aufgestellt sind, aufgebracht, um im gerösteten Zustande (die Röstung erfolgt mit Holzkohle und Coaks) direkt in die Waggonen der normalspurigen Gölnitzthalbahn verladen und nach Schlesien geführt zu werden.

In Fig. 9 ist das (bereits reconstruirte) Querprofil dieser Anlage dargestellt. Mit Rücksicht auf die, wegen Terrainschwierigkeiten kleinen Erzlagerplätze bei den Stollen, musste der Ablagerungsplatz am unteren Ende der Bahn verhältnissmässig gross angelegt werden.

Lokomotivschuppen und Wasserstation.

An die Entladestelle anschliessend, ist eine kleine Geleise-Anlage hergestellt, theils zum Rangiren der Züge,

theils zum Aufstellen der leeren Wagen. Ferner ist eine Lokomotiv-Remise für zwei Maschinen erbaut, in welcher auch eine Feldschmiede und eine Werkbank mit Schraubstock Platz finden. Auch ist in derselben ein Wasserbehälter aufgestellt; derselbe wird von einer oberhalb dem Lokomotivschuppen befindlichen Quelle gefüllt, welche ein zur Kesselspeisung ganz besonders geeignetes Wasser (Härte 4.06°) in hinreichender Menge liefert.

Auf dem Hauptgeleise, gegenüber dem Lokomotivschuppen, befindet sich ein Wasserkrahn und eine Putzgrube. Nicht weit davon, neben dem Lokomotivschuppen, ist das Kohlenmagazin, so dass das Wasser- und Kohlennehmen gleichzeitig und rasch erfolgen, zugleich aber auch der Zahnradmechanismus der Lokomotive einer Revision unterzogen werden kann.

Auf der offenen Strecke ist keine weitere Wasserstation vorhanden, nachdem der Tender auch für die längste Fahrt hinlänglich Wasser fasst, und auch der Kohlenvorrath auf dem Führerstande hierfür genügt. Der Verbrauch an Wasser beträgt pro Kilometer 200 l, an Kohlen 38 kg.

Betriebsmittel.

An Betriebsmitteln sind vorhanden: 2 Zahnradbahn-Lokomotiven, 39 Wagen für Erztransport und 6 Wagen für Transport von Grubenholz.

Die Zahnrad-Lokomotiven (Fig. 21 und 22, Taf. XXXII) in der Maschinenfabrik Esslingen, Württemberg, nach den Plänen des Ingenieurs Riggensbach in Olten gebaut — sind zweiachsige Tendermaschinen mit horizontal liegendem Kessel, welche sich von den gewöhnlichen Lokomotiven insbesondere dadurch unterscheiden, dass die Dampfkraft nicht direkt von der Schubstange auf die Triebachse übertragen wird, sondern erst auf eine Zwischenwelle. Letztere überträgt die Kraft durch symmetrisch zur Längsachse der Maschine angeordnete Zahnradpaare auf die Haupttriebwelle, welche in der Mitte das in die Zahnstange eingreifende Zahnrad trägt. Mit dieser Hauptwelle sind die Achsen der Adhäsionsräder durch Kuppelstangen verbunden. Auf der vorderen Achse der Adhäsionsräder ist ein Reservezahnrad mit Bremsseiben lose aufgekeilt, welches vom Führerstande aus gebremst werden kann.

Die wesentlichsten Verhältnisse von Maschine und Kessel sind die folgenden:

Cylinderdurchmesser	240 mm
Kolbenhub	450 mm
Durchmesser des Triebzahnrades	764 mm
Rostfläche	0.636 m ²
Heizfläche	27.813 m ²
Ueberdruck im Kessel	11 Atm.
Wasserraum	1070 l
Kohlen	150 kg
Gewicht der Lokomotive im Dienste	13.93 t
Länge der Lokomotive von Puffer zu Puffer	5.50 m
Radstand der Lokomotive	1.85 m
Grösste Breite der Lokomotive	1.785 m
Die Blechstärke des cylindrischen Kessels sowie des Domes ist	10 mm
die der kupfernen Feuerbüchse	12 mm

Für die Sicherheit des Betriebes sind die Bremsrichtungen der Lokomotive von wesentlichster Bedeutung. Zur Regulirung der Geschwindigkeit der Thalfahrt wird die von Ingenieur Riggensbach erfundene Luftbremse benutzt. Die Wirkungsweise derselben hat mit dem gewöhnlichen Contredampfgeben viel Aehnlichkeit, sofern auch bei ihr atmosphärische Luft eingesaugt, in den Cylinder gepumpt und durch diese Ansaugung und Pressung der Luft eine Hemmung der Bewegung erzeugt wird. Sobald die Lokomotive bei der Thalfahrt auf die Zahnstangenrampe gelangt, wird der Regulator ganz geschlossen, die Steuerung nach vorwärts gestellt, das Blasrohr mittelst einer Handhabe vom Führerstande aus durch einen Deckel zugedeckt und damit zugleich im Ausströmungsrohr ein Hahn geöffnet, durch welchen reine Luft angesaugt wird. Diese kann bei geschlossenem Regulator nicht in den Kessel gelangen, sondern wird durch ein nur 3 cm weites Rohr ausgeblasen. Dieses Rohr ist über den Führerstand geleitet und passirt dort einen Hahn, mittelst dessen es dem Führer ermöglicht ist, durch allmähliges Schliessen des Hahnes die Geschwindigkeit beliebig zu verzögern, und durch dessen völliges Schliessen die Maschine zum Stillstand zu bringen. Die starke Kompression in den Cylindern erzeugt eine Erhitzung derselben und würde schädlich wirken, wenn nicht in dieselben ein feiner Wasserstrahl geleitet würde, welches Wasser dann in Dampfform durch das 3 cm weite Rohr ausgeblasen wird.

Ausser dieser Luftbremse sind die Maschinen mit äusserst kräftigen Bandbremsen, welche auf zwei Bremscheiben auf den Zwischenwellen wirken, ausgerüstet. Letztere Bremsen dienen zum Anhalten beim Rangiren und als Reservebremsen bei der Thalfahrt, wenn ein plötzliches Anhalten nothwendig wird. Die Luftbremse und die Bandbremse werden vom Führer gehandhabt, während die dritte Bremse, die bereits erwähnte Zahnradbremse auf der vorderen Laufachse, vom Heizer bedient wird. Letztere Bremse soll dann zur Anwendung kommen, wenn die beiden anderen Bremsen versagen sollten.

Wägen. Zum Transport der Erze dienen 39 Erzwägen und zum Transport des Grubenholzes 6 Plateauwägen, sämmtlich mit doppelt wirkenden Bremsen versehen, ausserdem haben 9 Erzwägen Zahnradbremsen.

Die Erzwägen haben hölzerne Kasten mit sattelförmigem Boden und nach aufwärts zu öffnenden Seitenthüren zum Entleeren derselben. Dieselben haben einen Fassungsraum von 5.25 t Erz und ein Bruttogewicht von 2.2, resp. 2.9 t. Der Radstand beträgt 1.5 m, die Länge der Wagen von Puffer zu Puffer ohne Zahnradbremsen 3.32 m, mit Zahnradbremsen 3.6 m, die Höhe 1.70 m.

Das Anbringen der Zahnradbremsen an den Wagen hat sich in Folge des sattelförmigen Bodens derselben einfach gestaltet, ohne dass die Konstruktion derselben hätte geändert werden müssen. Das Zahnrad mit Bremscheiben ist auf einer dritten Achse, welche auf dem Gestelle aufgehängt ist, lose aufgekeilt, und kann vom Bremserstande aus gebremst werden. Die Wägen wurden vom erzherzoglichen Hüttenamte Karls-Hütte geliefert.

Die Fig. 18—20, Taf. XXXI, geben eine Zeichnung eines Zahnradbremswagens.

Baukosten.

Bei der Berechnung der Kosten der gesammten Anlage wurden in Anbetracht des vorliegenden Zweckes nur jene Kosten berücksichtigt, welche die Anlage der Adhäsions-Zahnradbahn selbst verursacht hat, abgesehen von den bedeutenden Kosten der Röstöfen-Anlage und der mit Letzterer in Zusammenhang stehenden Bauten.

Es beläuft sich das Baucapital einschliesslich des rollenden Materiales auf fl. 265.000.

Betriebseinrichtungen.

Der Betrieb dieser Bahn wird gegenwärtig von der Direktion der Kaschau-Oderberger Bahn geführt.

Die unmittelbare Beaufsichtigung der Bahn obliegt einem Bahnaufseher. Bahn- und Weichenwächter gibt es nicht, da an den Wegübergängen keine Schranken angebracht sind und die Weichenstellungen jeweilig durch einen Bremser besorgt werden.

Für den Maschinendienst ist ein Lokomotivführer und ein Heizer angestellt. Es verkehrt nur eine Lokomotive. Die Geschwindigkeit des Zuges beträgt bei der Bergfahrt 12 km, bei der Thalfahrt 8 km.

Jeder Zug darf bei der Thalfahrt höchstens aus sechs beladenen Wagen bestehen, wovon zwei mit Zahnradbremsen versehen sein müssen. Derselbe hat also ein Ladungsgewicht von 31.5 t, und wird in der Weise zusammengestellt, dass der erste Wagen hinter der Lokomotive, welche stets an dem tiefsten Punkte des Zuges sich befinden muss, und der vierte Wagen ein Zahnradbremswagen ist.

Das Zugsbegleitungspersonal besteht aus einem Zugsführer und drei Bremsern.

Erfahrungen über den Betrieb.

Nach den Bedingungen des Vertrages mit der Lokomotivfabrik Esslingen soll die Lokomotive im Stande sein, auf der Adhäsionsbahn von 32‰ und auf der Zahnradbahn von 110‰ Steigung einen Zug von 18 t mit einer Geschwindigkeit von 12 km zu Berg und einen solchen von 28 t Gewicht, bei sämmtlich angezogenen Adhäsionsbremsen, zu Thal zu führen. Letztere Last entspricht vier mit Erz beladenen Wägen der oben beschriebenen Konstruktion.

Nachdem jedoch die Wirkung der Zahnradbremsen als eine ausserordentlich kräftige und sichere sich erwiesen hat, wurde der Betrieb mit sechs Wägen, worunter zwei Zahnradbremswagen, eingerichtet.

Sobald der Zug bei der Thalfahrt in die Zahnstange einfährt, werden die Zahnradbremsen und die Adhäsionsbremsen angezogen, und der Zug bewegt sich mittelst der eigenen Schwere bergab; dabei ist noch der Vortheil erreicht, dass die Lokomotive vollständig entlastet wird.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass bei den Zahnradbremsen ein ziemlich tiefer Eingriff des Zahnrades in die Zahnstange nöthig ist, wie es übrigens die Riggensbach'sche Zahnstange gestattet, weil die gebremsten Zahnradbremswagen die Tendenz haben, aus der Zahnstange herauszuspringen. Lokomotive und Wagen sind stets gekuppelt.

Der Betrieb ist in der Weise organisirt, dass täglich nur von einem Stollen gefördert wird.

Bei Annahme eines jeweiligen Aufenthaltes von 6 Min. für den Verschubdienst an der Verladestelle und von 24 Min. an der Entladestelle, zum Entladen, Kohlen- und Wassernehmen, und täglich zwölfstündiger Arbeitszeit, ist folgender Fahrplan in Geltung:

Stollen	Entfernung von der Entladestelle <i>km</i>	Anzahl der Züge	Fahrzeit	
			bergauf	bergab
			Minuten	
Kalman	1·33	17	7	11
Anton	1·49	15	9	14
Maria	1·79	13	11	17
Wilhelm	2·69	11	16	25
Rudolf	3·24	10	19	29
Susanna	3·80	8	25	38

Der Verfasser leitete den Betrieb durch ein volles Jahr während eines schneereichen Winters und ging die Fahrt auf den Zahnstangen- und Adhäsionsstrecken stets mit überraschender Sicherheit von statten, sowohl zu Berg, als zu Thal.

Leistung der Anlage.

Mit diesen Einrichtungen wurden im Betriebsjahre 1886 46 000 *t* Eisenerze von den Stollen zur Erzablagerungsstelle gefördert, und zwar

vom Kalman-Stollen	810 <i>t</i>
„ Anton- „	2981 <i>t</i>
„ Maria- „	8028 <i>t</i>
„ Wilhelm- „	5760 <i>t</i>
„ Rudolf- „	5256 <i>t</i>
„ Susanna- „	23165 <i>t</i>

Mit Rücksicht auf die Transportdistanzen ergibt sich eine Leistung von 140 440 Tonnen-Kilometer der Ladung.

Berechnet man hieraus die mittlere Transportdistanz, so erhält man 3·05 *km*. Dies ergibt weiter, mit Rücksicht auf den geltenden Fahrplan, zehn tägliche Fahrten im Mittel, und da ein Zug 31·5 *t* fasst, so könnten im Mittel pro Tag 315 *t* Erze thalwärts gefördert werden, und bei 293 Arbeitstagen im Jahre 92 285 *t*.

Man kann demnach mit Rücksicht auf das im Betriebsjahre 1886 geförderte Erzquantum von 46 000 *t* — eine proportionale, den thatsächlichen Verhältnissen entsprechende Steigerung der Ergiebigkeit der einzelnen Stollen vorausgesetzt — sagen, dass unsere Anlage in diesem Betriebsjahre nur halb ausgenützt wurde.

Es können somit auf dieser Anlage, unter den gegebenen Verhältnissen, mit einer im Betrieb stehenden Lokomotive, mit Leichtigkeit jährlich 92 000 *t* Eisenerz thalwärts gefördert werden.

Um die Bruttoleistung dieser Anlage im Betriebsjahre 1886 zu bestimmen, sind noch zu berücksichtigen: das Gewicht des zu den Stollen geförderten Grubenholzes und das Bruttogewicht der geführten leeren Züge (exclusive Gewicht der Maschine).

Es sind an Grubenholz geführt worden:

zum Kalman-Stollen	2 <i>t</i>
„ Anton- „	61 <i>t</i>
„ Maria- „	140 <i>t</i>
„ Wilhelm- „	157 <i>t</i>

zum Rudolf-Stollen 63 *t*

„ Susanna- „ 406 *t*

Diese Leistung beträgt 2513 Tonnen-Kilometer.

Ferner verkehrten:

zum Kalman-Stollen 26 Züge

„ Anton- „ 95 „

„ Maria- „ 255 „

„ Wilhelm- „ 183 „

„ Rudolf- „ 167 „

„ Susanna- „ 735 „

Mit Rücksicht auf die doppelt zurückgelegten Distanzen und das Gewicht von 14·6 *t* eines leeren Zuges, ergibt sich eine Leistung von 130 279 Tonnen-Kilometer.

Die Leistung unserer Anlage betrug demnach im Betriebsjahre 1886 bei einer im Betriebe stehenden Lokomotive: 140 440 + 2513 + 130 279 = 273 232 Tonnen-Kilometer (Brutto) und die mit Leichtigkeit zu erreichende jährliche Maximalleistung derselben beträgt 546 464 Tonnen-Kilometer (Brutto), und zwar für eine Bahn, deren vertikale Erhebung ein Sechzehntel ihrer Länge beträgt.

Betriebskosten.

Es ergeben sich folgende jährliche Betriebskosten

	im (zweiten) Betriebsjahre 1886 fl.	bei vollem Betriebe fl.
Verzinsung des Baucapitales zu 4 % (fl. 265 000)	10 600	10 600
Kosten der Instandhaltung sammt Schnee- beseitigung	1100	1100
Schmieren der Zahnstange	352	704
Für Kohlen und sonstige Verbrauchs- materialien für die Lokomotive und die Wagen	1402	2804
Betriebsleitung	1600	1600
Löhne des Lokomotivführers, Heizers, Bahnaufsehers, Zugführers und der Bremsen	3800	3800
Reparatur der Lokomotiven und Wagen zusammen	700	1400
1 Kilometer-Tonne kostet	19 554	22 008
	0 07	0 04

Schluss.

Nach einem nun 21½-jährigen Betriebe kann man mit vollem Rechte behaupten, dass sich die ganze Anlage vollständig bewährt hat, und kann das System durchaus für Bahnen mit grossen Steigungen empfohlen werden.

Die Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit steht nach den bisherigen Erfahrungen ausser allem Zweifel, ja man kann sagen, dass dieselbe bei den Zahnradbahnen für alle Witterungsverhältnisse sicherer gewährleistet ist, als bei Adhäsionsbahnen mit grossen Steigungen.

Die Leistungsfähigkeit ist namentlich mit Zuhilfenahme der Zahnradbremsen bei Thaltransporten eine ganz bedeutende, dabei sind die Unterhaltungskosten verhältnissmässig gering, eine Abnützung der Zahnstange ist bis jetzt nicht bemerkbar, und auch die Abnützung der gussstählernen Zahnräder ist eine sehr geringe.

Jägerndorf, Juli 1887.

Die Quaderbossirung der italienischen Renaissance.

Von Architekt H. Auer, k. k. Professor.

Mit Originalaufnahmen.*) Taf. XXXIII—XXXV.

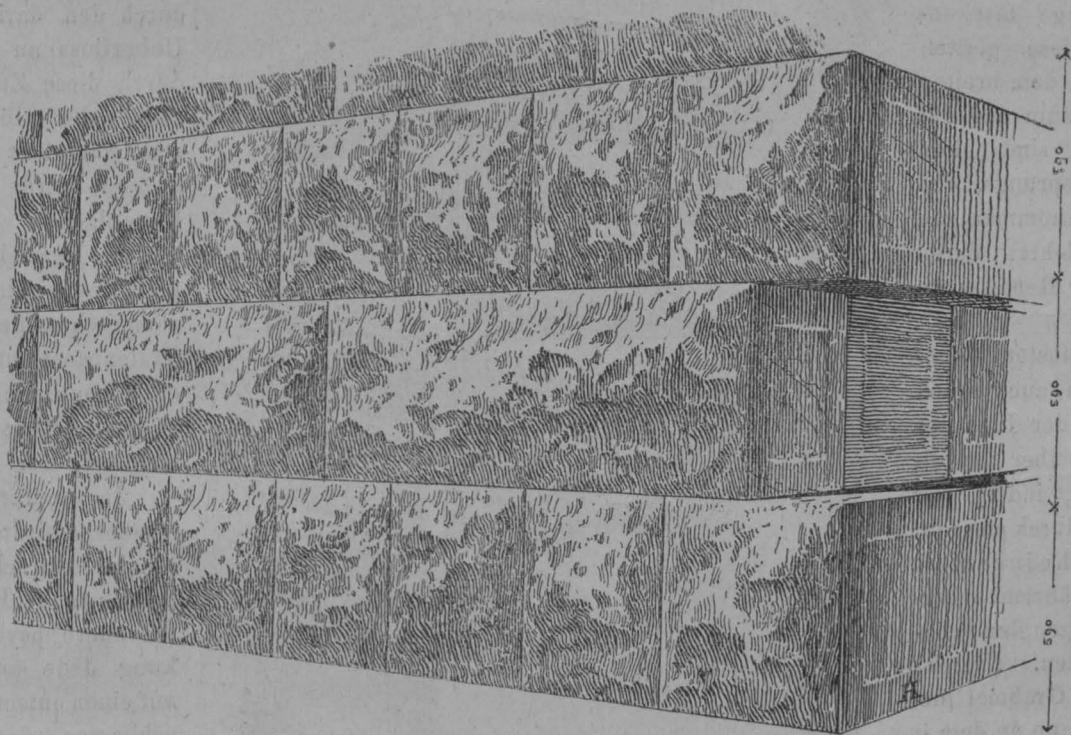
Als die Architekten des Cinquecento im Geiste antiker Tradition den Quader als Strukturtheil der Mauer hervorzuheben und die Fuge als Element der Flächendekoration in ihre reichen Formenkombinationen einzubeziehen begannen, fanden sie hiefür in den römischen Ruinen verschiedenartige Vorbilder; namentlich gaben die grossartigen Grabmäler der Campagna, in dem prächtigen Travertin erbaut und wegen der Entfernung von der Stadt besser erhalten, manchen Aufschluss über die künstlerische Behandlung der Quaderflächen und lehrten die Wirkung kräftig vertiefter Fugen, breiter umsäumender Schläge und schwach vorspringender glatter Spiegel. Die Grabmäler der Cäcilia Metella an der Via Appia, der Plautier an der Via Tiburtina, und ein Grabmal vor S. Sebastiano u. A. sind noch heute mustergiltige Beispiele harmonischen Quadergefüges. Indessen begnügte sich die Renaissance mit diesem schon im Orient zur Kunstform erhobenen Fugenschnitt nicht; sie griff auch auf jene einfachen handwerklichen

Proceduren, die vordem niemals künstlerische Bedeutung in Anspruch genommen hatten und zog sie in den bedeutend erweiterten Kreis ihrer Formenwelt.

Wo einstmals die fabelhafte Grösse der Bauten, die Kürze der Bauzeit nur das Bearbeiten der Lager- und Stossflächen erlaubt hatte, war die nach aussen gekehrte Stirnfläche der Steine in rauhem Zustande belassen, nur flüchtig den rechteckigen Kanten angepasst worden, so dass die zackige und bucklige Fläche in verschiedenen kräftigen Vorsprüngen über die scharf zusammengefügtten Ränder vortrat. Weder die Meinung, eine bestimmte künstlerische Wirkung hervorzurufen, noch die Absicht, später die rauhe Fläche nachzuarbeiten und zu ebnen, kann den mächtigen Buckelquadern der römischen Bauten zu Grunde gelegen sein, sondern einfach die Tendenz der Zeit- und Arbeits-

ersparniss und die praktische Erwägung, dass damit dem Zwecke vollständig genügt sei. Wenn die Umfassungsmauern der kolossalen provincialen Amphitheater in dieser rohen Weise hergestellt waren, befriedigten sie gewiss vollständig die Ansprüche der Besucher, die ja in den grausamen Schaustücken der Arena auch keine Kunstgenüsse suchten, — wenn die Umfassungsmauern des prunkvollen Augustusforums nur innen geglättet, nach aussen mit rauher Bossirung belassen wurden und jede feinere architektonische Gliederung entbehrten, so mochte dies wohl durch die im Rücken desselben, am Abhang des Viminals angesiedelte Nachbarschaft gerechtfertigt sein. Das übertriebene Buckelmauerwerk der Porta maggiore, aus dem nur die Kapitäle

Fig. 1.



Rom. Forum des Augustus.

und einzelne Gesimse in ebenso wuchtigen Formen herausgucken, hätte nicht geglättet werden können, weil die Bruchfläche einzelner Quadern die eigentliche Mauerflucht unterschneidet und weil einer glatt bearbeiteten Fläche gegenüber die Detailgliederungen wieder viel zu roh erschienen wären. Ueberhaupt hätte die Absicht, solche

rauhe Flächen später nachzuarbeiten, unbedingt dazu veranlasst, die Quadern mit einem rein gearbeiteten Schlag oder wenigstens einer scharfen Kante zu umsäumen, so dass beim Versetzen Anhaltspunkte zum genauen Einhalten der senkrechten Fläche gewonnen werden konnten. Aber nicht einmal die äusseren Kanten der Pfeiler der Amphitheater und Stadthore u. s. f. zeigen solche Schläge, und nirgends eine Andeutung der Absicht späterer Nacharbeit.

Nur in verhältnissmässig seltenen Fällen zeigt sich schon in der römischen Antike jene vom Mittelalter mit besonderer Vorliebe gepflegte Bearbeitung des Spiegels, wo nicht die ganze Fläche bis zur Kante in rauhem Vorsprung belassen, sondern offenbar zum Zwecke des genauen Versetzens, ringsum der schmale Saumschlag, genau in einer Ebene senkrecht auf die Stoss- und Lagerflächen glatt und rein ausgeführt ist. (In Rom an der untersten Schichte am

*) Sämmtliche Darstellungen sind in gleichem Maassstabe aufgetragen, im Abdruck an der vorderen Kante auf $\frac{1}{20}$ n. G. verjüngt.

Tabularium und an der Servian'schen Mauer; als Regel an den mittelalterlichen Burgen der florentinischen und umbrischen Städte.)

Die oben genannten Denkmäler beweisen aber, dass der Saumschlag in seiner gegensätzlichen Bedeutung zum Spiegel schon früh aus der technischen Zweckmässigkeit sich emporgerungen hat zu künstlerischer Durchbildung, dass er schon von altersher nicht mehr bloss Hilfsmittel ist zum Behufe des präzisen Versetzens, sondern dass ein kräftiges Hervorheben der einzelnen Quadern als Dekoration der Fläche die eigentliche Tendenz dieser Technik bildet. Der Saum wird nicht zu beiden Seiten der Fuge und nicht rings um den Spiegel, sondern nur auf zwei Seiten angeordnet, so dass die vortretende Fläche die unmittelbar daneben und darunter liegende Fuge deckt, wodurch sie dem Auge fast unsichtbar wird. Diese glatten Quaderflächen mit dem breiten wenig vertieften Saum und der versteckten Fuge sind alten orientalischen Ursprungs, von den Griechen übernommen und den Römern gelehrt, deren Denkmäler sie der Renaissance überlieferten.

In diesen ältesten Monumenten zeigt sich auch schon das Ueberwiegen der Idee der Flächendekoration über das eigentliche Gefüge, indem der wirkliche Quader durch mehrere Saumschläge in Scheinquadern abgetheilt wird, während anderseits wirkliche Fugen den Spiegel durchschneiden. (Bereits ausgebildet am Grabmal der Cäcilia Metella, dann an dem in Fig. 6 dargestellten Fragment einer Marmorverkleidung vom Forum romanum u. A.) Die Quaderbossirung der italienischen Renaissance nimmt jede dieser drei Beziehungen des Spiegels zur Fuge auf: Bossirung ohne Saumschlag, Bossirung mit ringsum laufendem Saum und endlich auch die Bossirung mit Schlag nur auf je zwei Seiten jeder Ansichtsfläche.

Den Gegensatz zum Saum, über dessen Breite, Tiefe und sonstige Behandlung weiter unten noch eingehender zu sprechen ist, bildet der vor die Mauerflucht vorspringende Spiegel. Dieser kann im einfachsten Stadium als eine rauhe, bucklige Fläche erscheinen, sie kann mehr oder weniger geglättet sein, polsterförmig in Viertelkreisen sich an allen vier Seiten auf die Mauerfläche heruntersinken, oder die vordere Fläche ist ganz eben und von schmalen

Flächen begrenzt, welche senkrecht auf den Spiegel und die Mauer stehen und bei grösserem Vorsprung nach vorne abgerundet oder abgefast sind. Endlich treten noch die vonschrägen Flächen, pyramiden- oder rautenartig begrenzten Quadern auf. Mit diesen wenigen und einfachen Motiven, die uns eben die Quaderbossirung in ihrer stylistischen und technischen Ursprünglichkeit zeigt, begnügte sich die italienische Renaissance.

Die Wirkung der Quaderbossirung beruht auf mehreren Momenten, die sich zunächst auf den einzelnen Quader, dann auf die ganze mit Buckelquadern versehene Fläche und endlich auf die gesamte Fassade beziehen.

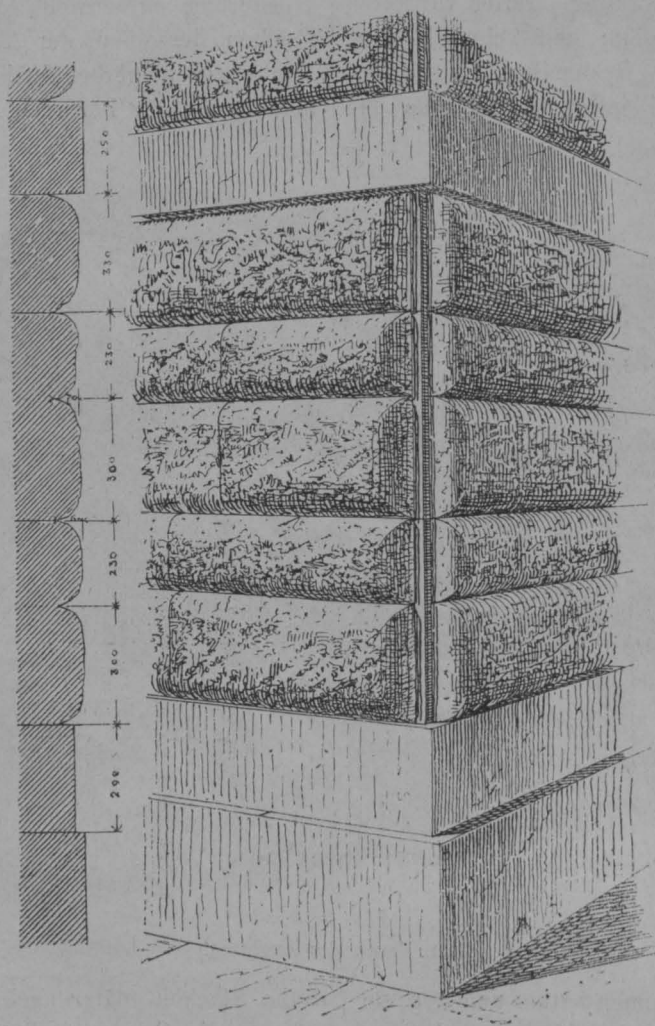
Am einzelnen Werksteine wirkt der Vorsprung der Bossirung günstig auf das Gefühl durch den darin geoffenbarten Ueberfluss an Material, indem durch diese Zugabe nach der Mitte der Höhe die Widerstandsfähigkeit scheinbar vergrössert wird, wenn auch die Lagerflächen relativ kleiner bleiben. Demselben ästhetischen und technischen Bedürfnisse entsprechen die Vorsprünge der Säulenbasen und Kapitäle über die eigentliche Drucklinie und in letzter Konsequenz die Ausbauchung der Säulenschäfte.

In zweiter Linie macht die Quaderbossirung, in der ganzen Fläche betrachtet, durch die kräftig-rauhe Erscheinung eine besondere psychologische Wirkung. Jede äussere Form lässt auf einen entsprechenden Gehalt schliessen, der allerdings mit jener nicht immer genau übereinstimmt, — aber in diesem Falle ist dies auch nicht notwendig und es genügt vollständig, dass durch diese Form eine bestimmte Vorstellung hervor-

gerufen wird. Das rauhe, stark markirte, wuchtig gegliederte Aeussere scheint Zeugnis abzulegen von innerer Kraft und Festigkeit, von siegreichem Ueberdauern der Angriffe der Naturgewalten, während die glatt geschälte, geebnete oder glänzende Hülle mehr auf den feinen Schliff eines veredelten, aber weniger widerstandsfähigen Kernes schliessen lässt. Die Natur weist uns in ihren Schöpfungen selbst auf solche Analogien hin, und das ganze organische Leben gibt uns so viele Beispiele eines solchen Zusammenhanges, dass wir unwillkürlich denselben überall vermuthen.

Namentlich macht eine rauhe Oberfläche den Eindruck höheren kräftigen Alters, entsprechend der knorrigten und

Fig. 2.



Rom. Pal. Linotta.

runzeligen Epidermis älterer Individuen aus der Thier- und Pflanzenwelt.

Dieser Eindruck wird bei den Bossirungen noch durch die viel rascher sich bildende Patina, richtiger Staub- und Schmutzschicht, erhöht, die in den zahlreichen Vertiefungen und Löchern der rauhen Vorsprünge reichlicheren Halt findet, so dass solche Bauten in Kurzem den imponierenden und ehrwürdigen Charakter hohen Alters gewinnen.

Endlich erstreckt sich die Bedeutung der Quaderbossirung, — der Rustika, wie sie auch genannt wird, um die ländliche Naturwüchsigkeit gegenüber der Eleganz glatt geschliffener Wände hinzustellen, — auch auf die gesammte Fronte eines Gebäudes, nicht nur um dieselbe der Alltäglichkeit zu entrücken, sondern auch als Mittel zum kontrastirenden Hervorheben der Stockwerke, — zur Horizontalgliederung im Gegensatz zur senkrechten Theilung durch die Fensteraxen. Die unteren Geschosse werden mit kräftigerer, die oberen entweder mit schwächerer Rustika geschmückt oder ganz glatt belassen und mit Säulen oder Pilastern ausgestattet. Eine zu starke Prononzirung des Kontrastes wird wieder gemildert, indem in den oberen Geschossen auch zwischen der Pilaster- oder Säulenarchitektur die Quaderbossirung fortgesetzt wird (Cancellaria u. A.) oder indem sie sich auch über die Säulen, Pilaster und Fenstergewände erstreckt. Die grossen Meister der Renaissance haben in verschiedenster Weise das Problem gelöst, eine harmonische Uebereinstimmung zwischen dem rustizirten Unterbau und den reicher ausgestatteten Obergeschossen herzustellen.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung auf die Wirkung der Quadern ist die Behandlung der senkrechten Kanten, sowohl an den Ecken der Gebäude, der Pfeiler und Lesenen, wie auch an den Oeffnungen der Thüren und Fenster. Gewöhnlich wird der Saumschlag an der Vorder- und Seitenfläche der Kante entlang geführt, so dass die Quaderbossirung neben der Ecke aufhört und diese als scharfe Linie sichtbar bleibt. Eine noch stärkere Betonung dieses Prinzipes finden wir an florentinischen Palästen, wo die Eck-

kante als Rundstab (Pal. Guadagni) oder als besonders vorspringende Platte (Pal. Strozzi) hervorgehoben wird.

Viel wirkungsvoller kommt aber die Rustika zur Geltung, wenn dieselbe um die Ecke läuft, diese nicht als scharfe Kante, sondern in der perspektivischen Ansicht auch rauh und bucklig erscheint. Namentlich an Pfeilern und Pilastern war diese Anordnung in der besten Zeit und von den bedeutendsten Architekten beliebt (Sammicchele) — seltener tritt die Bossirung an den Trommeln der Säulen auf, und muss hier auch mit grösserer Vorsicht behandelt werden, soll sie nicht einen ungünstigen Eindruck, der

durch verschiedene triviale Vergleiche gekennzeichnet wird, machen. (Säulen am Lateran, im Hof des Pal. Pitti, wo die Bossirung ein vollständiges Halbkreisprofil hat. An Säulentrommeln dürfte nur sehr wenig vorspringende, möglichst ebene Bossage am Platze sein).

Auch den Erbauern der grossen Renaissance-Paläste Roms war es zumeist versagt, ihre Façaden ganz in Hausteinen zu errichten; in der Regel mussten sie sich mit dem Ziegelrohbau für die Flächen begnügen, aber stets waren Sockel, Fenstereinrahmungen und Gesimse von Stein ausgeführt. In diesen Fällen tritt an den Ecken der Gebäude, sowohl zu konstruktiver Sicherung, wie zur kräftigeren Wirkung die Eckarmirung auf, die in grossen sich überbindenden Quadern die Façade umrahmt. Auch diese unterziehen sich denselben Gestaltungsgesetzen, wie die Quaderbossirungen der Flächen; auch hier sehen wir scheinbar kolossale Steine, die thatsächlich aus mehreren

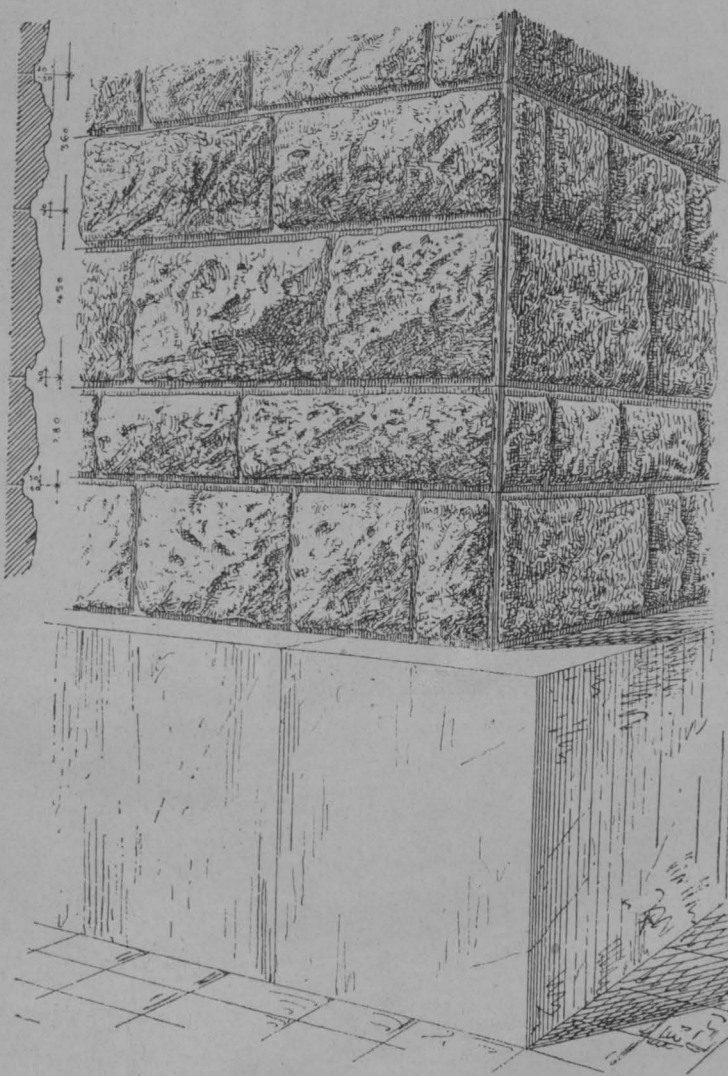
Stücken zusammengefügt sind (Pal. Farnese). Die scheinbare Verzahnung ist stets so, dass jeder Stein auf beiden Seiten der Ecke zugleich entweder lang oder kurz ist. Ein wirkliches Abwechseln der Läufer und Binder um die Ecke gibt dieser ein unruhiges Ansehen.

Besonderes Interesse bietet der Uebergang der Quaderbossirung zum Sockel und die Bildung des letzteren selbst, weshalb diese in unseren Skizzen soweit als thunlich ebenfalls Aufnahme gefunden haben.

Bei der Quaderbossirung kommen im Einzelnen folgende Elemente in Betracht:

1. Die relative und absolute Höhe der Schichte.

Fig. 3.



Florenz. Pal. Vecchio.

2. Die Breite des Saumschlages und seine Lage zur Fuge.

3. Der Vorsprung der Bossirung, die Behandlung des Spiegels und die Form der Seitenfläche.

In der ganzen Renaissance wird nur ausnahmsweise die Stockwerkshöhe in gleiche Schichtenhöhen getheilt und nur ausnahmsweise ein bestimmtes Maass der Länge zur Höhe festgehalten. Die Höhe der Schichten ist meist sehr verschieden, nur wechseln im Allgemeinen höhere und niedrigere

Schaaren. Man hat eben, wie an den römischen Amphitheatern, einfach gleich hohe Steine, wie sie im Bruch sich finden, in einer Schichte zusammengestellt. Selbst in den Bauten der Hochrenaissance, wo der Quaderschnitt als Dekorationsmittel mit Bewusstsein angewendet wird, kommen häufig ungleiche Schichten vor, namentlich in Verbindung mit den Keilsteinen einer Rundbogenöffnung.

Bei ungefähr gleich hohen Quadern richtet sich die Höhe im Allgemeinen nach der Bedeutung des Baues, speziell nach der Stockwerkshöhe und Axenweite; indessen folgt die Höhe der Schichten natürlich der Etagenhöhe nicht in arithmetischer Proportion, sondern es wird auch die Zahl der Schichten bei grösseren Geschosshöhen zunehmen und dürfte etwa ein Mittel-

wert aus beiden Proportionen dem ästhetisch günstigsten Verhältniss entsprechen. So kommen an den relativ niedrigen Geschossen der veronesischen Paläste 12—15 Quadern, an den Florentiner Frührenaissance-Burgen 15—20 Quadern auf eine Stockwerkshöhe, während die römischen Paläste etwa die Mitte halten.

Die Höhe der Quaderschichten muss natürlich auch mit den einzelnen Architekturtheilen, Einrahmungen der Fenster, eventuell Pilasterbreite u. s. f. im Einklang stehen. Namentlich ist die Letztere von maassgebender Bedeutung, indem die einzelnen Schichten im Pilaster immer entschieden liegende Rechtecke bilden sollen. Der Meister im Quaderbau — Sannicicchio — hat den Schaft gewöhnlich

in 10—11 Schichten getheilt, wenn die Pilasterordnung der Geschosshöhe entsprach.

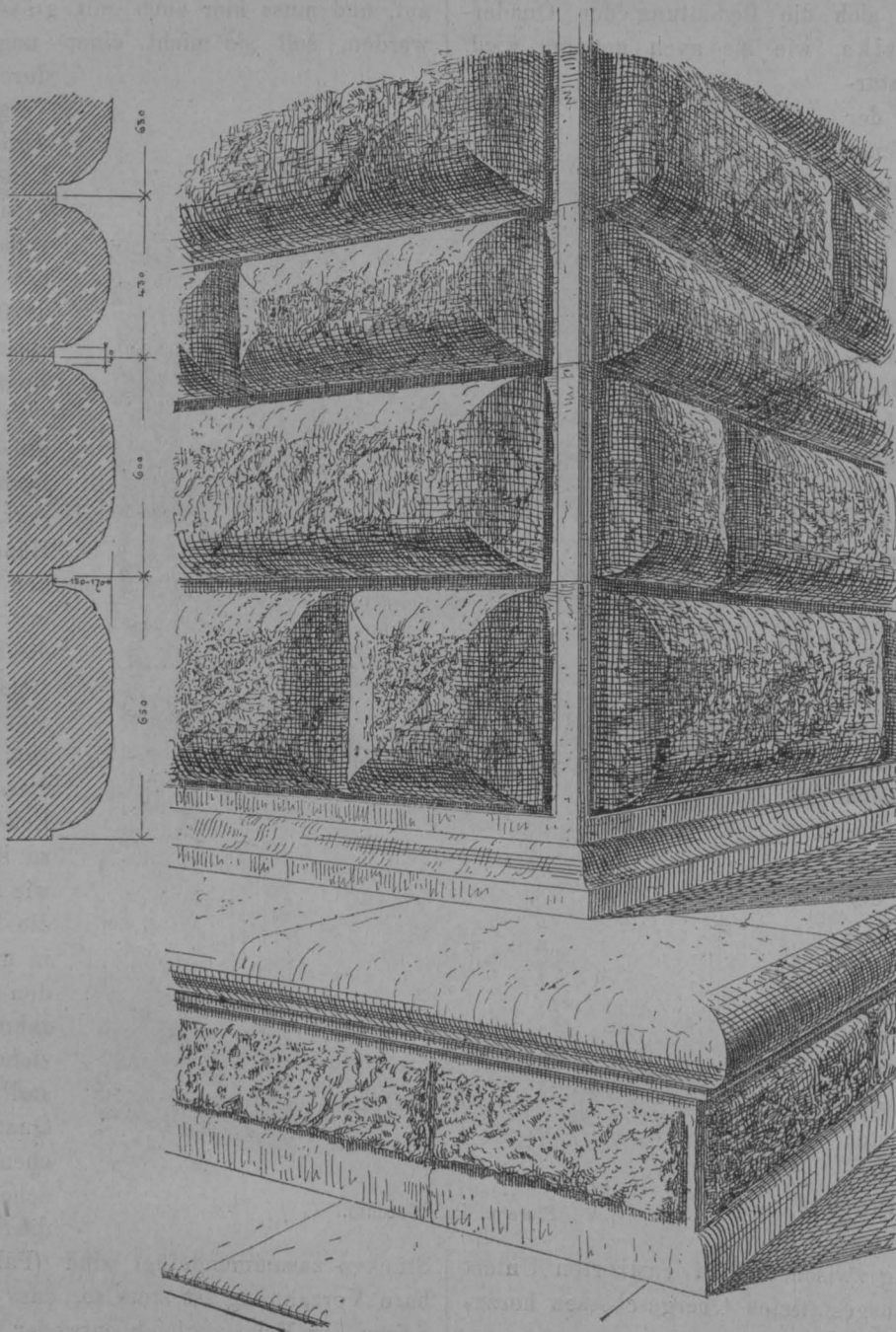
Die absolute Höhe der Quadern wechselt zwischen 0·20 m (am Frührenaissancehaus, via governo vecchio in Rom) bis 0·65. Die mittlere, gewöhnliche Höhe beträgt 0·30—0·40 und zwar sind die niedrigen Schichten, selbst unter 0·30 häufiger an den eleganten Marmorbauten Venedigs, während Rom und Florenz mehr die grösseren Maasse festhalten.

Sehr beliebt war sowohl in Rom, wie in Venedig ein Wechsel von höheren und niedrigeren Schichten, vielleicht hervorgegangen aus der praktischen Zufälligkeit der verschiedenen Schichtenhöhen des Mittelalters. Immerhin war eine solche Abwechslung, welche die Verwendung schwächerer und stärkerer Steine — auch solche von der Höhe beider Schichten (Pal. Linotta) — zulässt,

ökonomisch vorthellhaft. Bei den Eckarmirungen, wo diese Abwechslung die Regel ist, erklärt sie sich aus der optischen Korrektur, indem bei gleich hohen Quadern die jeweilig kürzeren entschieden höher aussehen würden. Das Verhältniss der höheren zur niedrigeren Schichte ist meist 4:3, doch geht es auch bis auf die Hälfte herunter.

Auch die Länge der Quadern ist in der früheren

Fig. 4.



Florenz. Pal. Strozzi.

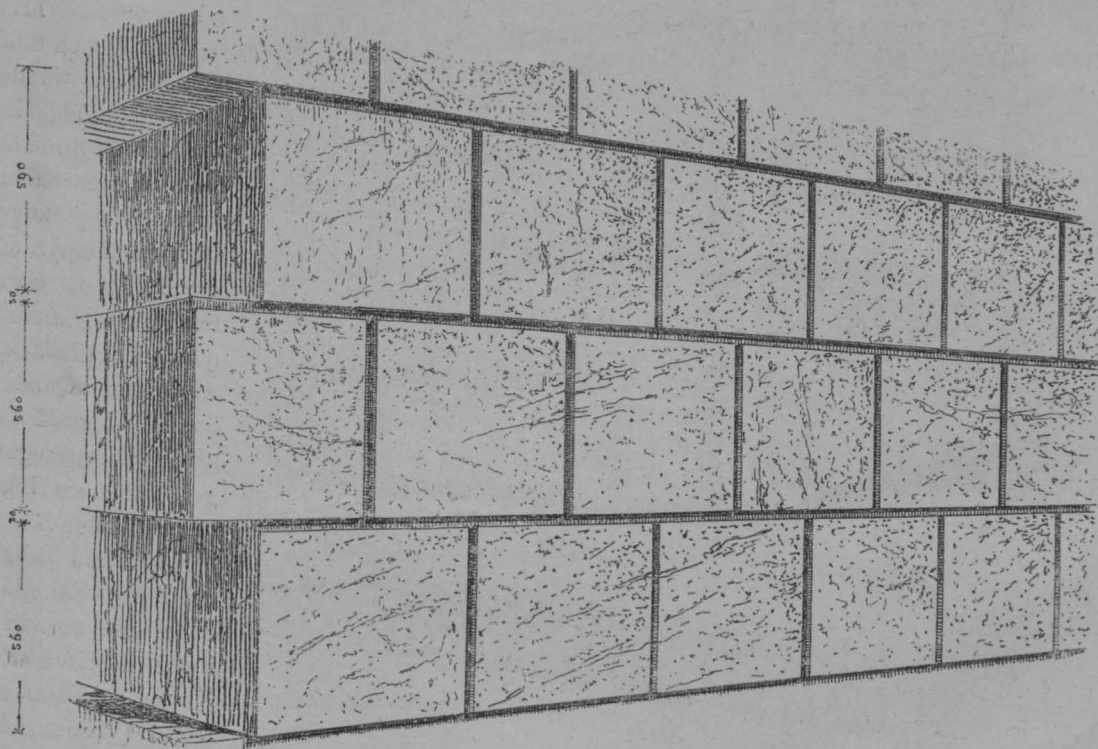
Epoche der Renaissance vollständig frei; die Steine wurden, wie sie der Bruch lieferte, verwendet. So finden wir Quadern, welche das acht- bis zehnfache Maass der Höhe zur Länge haben und darüber. Dabei ist nur im Allgemeinen auf den Verband mit den anliegenden Schichten Rücksicht genommen, niemals auf ein senkrechtes Uebereintreffen in jeder zweiten Schaar. Die Länge der Quadern hängt in erster Linie von der absoluten und relativen Festigkeit des Materiales ab. Steine von geringer Widerstandsfähigkeit werden sich mehr der quadratischen Form der Ansichtsfläche nähern.

Aufrechtstehende Quadern, mit der grösseren Dimension nach der Höhe gerichtet, wie sie der Orient und die Antike am Sockel der Mauern verwendete, sind zwar widerstandsfähiger als flachliegende, die dem Zerdrücken eher ausgesetzt sind, doch lässt sich damit kein Verband herstellen, weshalb sie nur als einzelne Schichten vorkommen, wo dann die

tische Ansichtsflächen zeigt, sind sie nur scheinbar aus einem Stück, das auch noch die nächstliegenden Steine umfasst, herausmodellirt, so zwar, dass oft die wirkliche Fuge mitten durch einen Quader durchläuft. (Pal. Corner-Spinelli.) Die vorzügliche Technik des Fugenschnittes gestattete solche künstlerische Behelfe. Fig. 13 zeigt einen Pilaster mit Quadern geziert, vom kleinen Pal. Spada, der sammt dem anstossenden Thorgewände bis zur Kämpferhöhe aus einem Stein hergestellt ist, wo die Quadern also reine Dekoration sind.

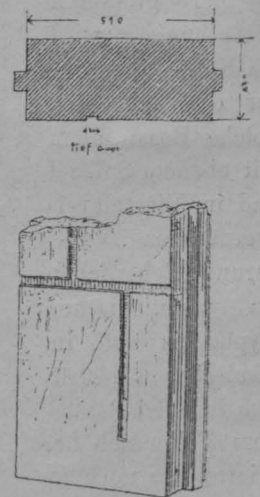
Weitaus die meisten Buckelquadern sind mit einem Schlag umsäumt, der den eigentlichen Mauergrund andeutet und, wie schon erwähnt, ebenso oft die Bosse rings umgrenzt, wie er auch nur einseitig neben der Fuge auftritt. Die Breite des Schlages variirt von 0·02—0·06 (letzteres offenbar zu breit), am günstigsten scheint für geringere Ausladung 0·03, für höhere Bossirung 0·04 Saumbreite.

Fig. 5.



Rom. Grabmal der C. Metella.

Fig. 6.



vom Forum romanum.

aufrechtstehenden Fugen als kontrastirend zur Hauptrichtung des Sockels zugleich ästhetisch günstig wirken.

Für den eigentlichen Quaderverband sind die horizontal aufeinanderliegenden Werksteine die natürlichste Form und für das Auge ungleich befriedigender als die Polygonal- und Cyclopengemäuer. Das günstigste Verhältniss der Länge zur Höhe — bei gleicher oder annähernd gleicher Schichtenheilung — bewegt sich zwischen dem doppelten und dreifachen Maass der Höhe für die Läufer, während es für die Binder das Quadrat ist. Die prachtvollen Quadermauern der Römer halten diese Proportionen in der Weise ein, dass entweder je eine Schichte nur Binder enthält, mit quadratischen Häuptern, die andere Schichte durchaus Läufer mit der doppelten oder dreifachen Länge (Augustusforum) — oder es wechseln in einer Schichte Binder und Läufer, mit denselben Proportionen. (C. Metella.) — Wo die Renaissance quadra-

Der römischen Rustika nachgebildet, kommen auch in der Renaissance Quadern ohne Saumschlag, allerdings in sehr beschränkter Anwendung vor. An der Eckarmirung der beiden grossen Paläste A. Sangallo's, Pal. Farnese und Pal. Palma, stossen die kolossalen geglätteten Quaderbossen unmittelbar aneinander, Palladio hat die einzige Rustika, die er ausführte — am Pal. Thiene, in Ziegelmauerwerk und Putz — in dieser Weise hergestellt und Scamozzi ahmte ihn am Pal. Contarini nächst der Carità offenbar nach. Endlich zeigen zwei dem Peruzzi zugeschriebene römische Paläste auch diese Methode, — beide überdies mit alternirender Quaderhöhe und ohne Stossfugen.

Aus dieser rauhen, saumlosen Rustika hervorgegangen, sie gewissermaassen stylisirend, scheint diejenige Art der Bossirung zu sein, deren abgeschrägte Seitenflächen an der Fuge zusammentreffen, die eine Spezialität Sammic-

chele's und seiner Nachfolger ist. Wir finden sie daher auch nur in Verona und Venedig. Sie sind ebensowohl in Stein, wie auch in Putz — geglättet — (am Pal. Canossa beides unmittelbar übereinander) ausgeführt. Diese und die vorerwähnten Buckelquadern ohne Saum haben die Tendenz, sich um die Ecken herumzuziehen, wodurch die an sich wenig kräftige Wirkung derselben wieder verstärkt wird. (Fig. 14 und 15.)

Der Vorsprung der Bossirung, das dritte und wichtigste Element der Quaderdekoration, hängt ab von der Art der Bearbeitung des Spiegels.

Die ganz glatten Spiegelflächen, welche von geraden senkrechten Seiten begrenzt sind, treten nur 0·01—0·02 aus der Fugenfläche vor — bei grösseren Vorsprüngen wird die Kante abgerundet oder abgefast. Solche Bossirungen mit ebenem Spiegel und im Viertelkreis gerundeten Vorsprungsflächen laden im venetianischen Typus bis 0·05, im römischen bis 0·15 aus, in welch' letzterem Falle sich der Viertelstab noch an eine kleine, auf die Mauer senkrechte Fläche anschliesst.

Die Florentiner Polsterquader, deren rauh gestockter Spiegel gewölbt ist und in grossem Viertelkreis von der Mauerflucht aufsteigt, springen 0·15—0·20

vor, während die gleichsam naturwüchsig rauh gelassene Bossirung der Pal. Pitti und Riccardi u. s. f. bis 0·50 weit heraustritt. (Bei Quaderhöhen von 0·50—0·60 und Längen bis 8 m.) Die in ähnlicher Technik durchgeführten Quadermauern der mittelalterlichen Burgen haben nur sehr mässige Vorsprünge von 0·05—0·10 (Pal. vecchio). Am häufigsten findet sich der oben erwähnte römische Typus, der geglättete Spiegel, 0·08—0·12 vorspringend, mit leichter Abrundung auf die senkrechten Seitenflächen (Fig. 7). Die schwachen venetianischen Bossirungen haben entsprechend der wechselnden Höhe auch

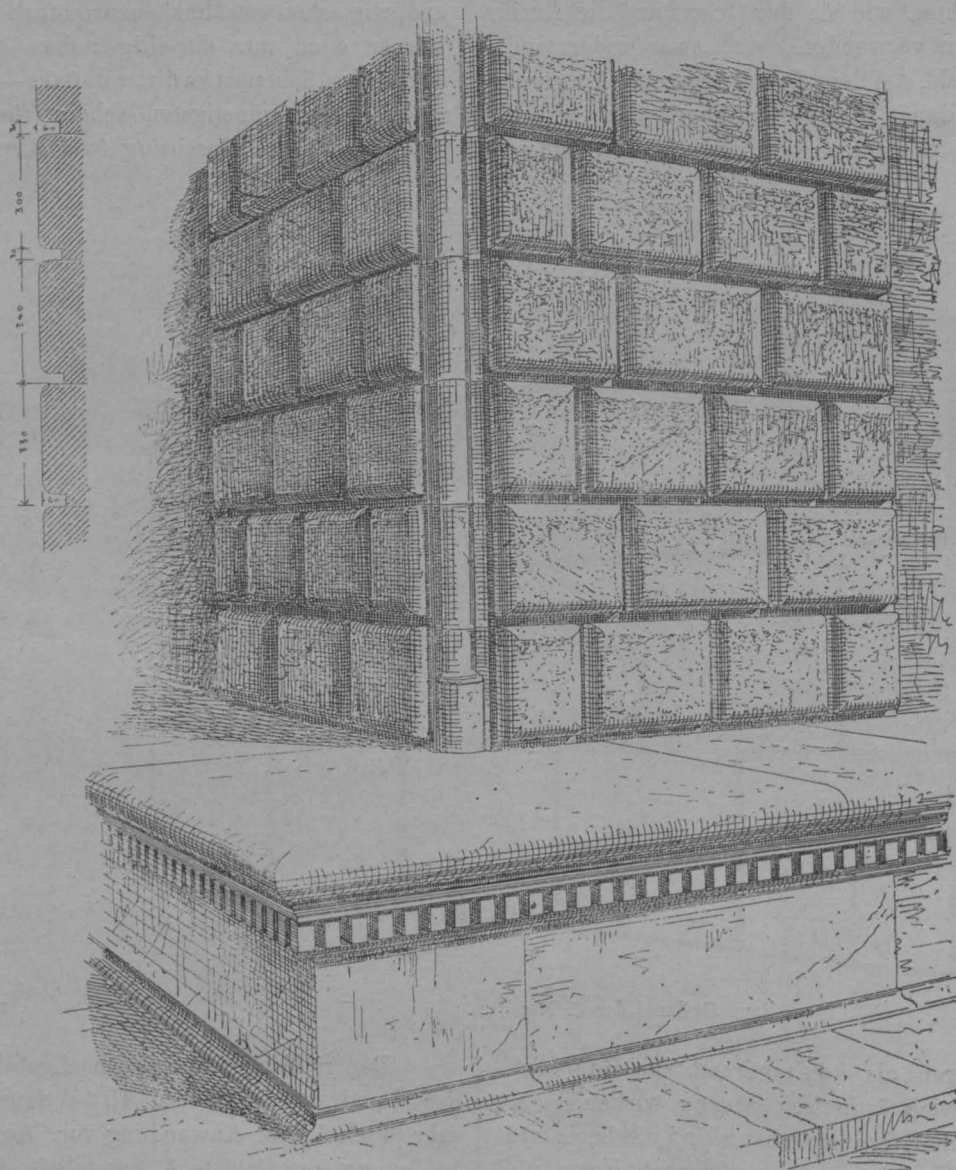
verschieden weiten Vorsprung. Die Fläche des Spiegels ist fast immer nur mit dem Spitzisen mehr oder weniger stark rauh und bucklig gemacht — selten finden sich parallele, scharf ausgeprägte Rippen (Fig. 13) oder Diagonallinien.

An Stelle der Abrundung tritt in seltenen Fällen eine schmale schräge Fläche, eine Fase, welche den auf die Mauerflucht senkrechten Vorsprung mit der vorderen Spiegelfläche verbindet. An Flächenquadern kommt diese Art nicht vor, sondern nur an Lesenen, Eckarmirungen oder Thor-

einfassungen und macht in Folge der rautenschliffartigen Form einen eleganten, wenn auch weniger plastischen Effekt. Der Vorsprung solcher Quadern wechselt zwischen 0·04—0·11.

Dem Wesen nach verschieden, in der Form ähnlich, sind die der Frührenaissance angehörenden, krystallartig zugespitzten und pyramidenförmigen, sogenannten Diamantquadern. (Taf. 4.) Aus den Quaderbossen des Mittelalters hervorgegangen, haben sie ringsum laufenden Saumschlag und abgeschrägte Seitenflächen, die entweder in einer Spitze oder Kante zusammen treffen (Verona) oder durch eine senkrechte Spiegelfläche abgestutzt sind (Venedig, Pal. Corner-Spinelli). Zur Verstärkung des Schattens setzt die schräge Fläche auch statt

Fig. 7.



Florenz Pal. Guadagni.

direct auf die Mauerflucht, zuerst auf eine geradeaus vorspringende Platte (Bologna) oder auf ein Hohlkehlen- oder Viertelstabprofil auf (Pal. Pesaro). Die Eleganz dieser Quaderformen, die stets mit einer zierlichen und fein durchgebildeten Architektur in Verbindung steht, bringt es mit sich, dass ihre Dimensionen keine grossen sind. Bereits wurde auch erwähnt, dass der bei diesen Formen nothwendige regelmässige Verband nur ein scheinbarer ist, dass aus einem wirklichen Quader oft drei und noch mehr Scheinquader herausgearbeitet sind. (Verona, Pal. Cornaro in Venedig.)

Andere als diese in Zahl und Durchbildung bescheidenen Motive der Quaderbossirung kannte die Hochrenaissance nicht. Auch die Spätrenaissance und die Barocke hält sich im Allgemeinen noch an die einfachen Gliederungen des Quadervorsprungs, am häufigsten sogar an die blos rechtwinklig heraustretende Platte, benützt sie aber in ihrer besonderen Art zur Belebung der Flächen, indem sie die Bossirung schichtenweise mit glatten Streifen abwechseln und sie auch über Säulen, Pilaster und Fensterchambranles als horizontale Quaderbänder hinübergreifen lässt. Namentlich hat die französische Spätrenaissance diese stark prononzierte Horizontalgliederung — als Gegensatz zu ihren hohen Fensterproportionen — mit Vorliebe gepflegt, während die italienische Barocke zur Belebung ihrer breiten Mauerpfiler die senkrechten Lesen- und Pilasterstreifen bevorzugt hat.

Erst die jüngste Zeit hat der Form des Quadervorsprungs eine viel intensivere Aufmerksamkeit gewidmet und die Tendenz, in der überaus grossen Menge neuer Bauten stets etwas Neues und Originelles in's Feld zu führen, sowie die fast allgemein herrschende besondere Vorliebe für das Detail, hat sich auch auf die Formation der Quaderbossirung erstreckt und wird von dem üblichen Cement- und Putzstyl unterstützt, der mit einem Zug der Schablone alle möglichen Profile spielend ausführt. Im Monumentalbau kommen aber die alten, einfachen und wirkungsvolleren Quaderbossirungen noch immer zu Ehren.

Indessen würde hier das eingehende Verfolgen der historischen Entwicklung den Rahmen unserer gegenwärtigen Studie überschreiten. Es bleibt uns nach der obigen allgemeinen Charakteristik nur übrig, die an den Monumenten aufgenommenen Quaderbildungen in einzelne nach ihren Besonderheiten sich unterscheidende Gruppen zu theilen und sie mit ihren Maassen der Grösse, Höhe, Ausladung und Breite des Saumschlages zusammenzustellen, um eine vollständige, vergleichende Uebersicht zu gewinnen. Als Ausgangspunkte werden die beiden antiken Vorbilder und die mittelalterliche Art des Pal. vecchio zu Grunde gelegt.

I. Typus. Rauhe Buckelquadern.

a) Ohne Saumschlag (Augustusforum).

				Höhe der Schichte*)	Vorsprung	Saumbreite
Rom	Pal. Linotta	Peruzzi?	1520?	{330 230	60—70	—
"	" Costa	Peruzzi?	1520?	{310 220	50	—
Vicenza	" Thiene	Palladio	1556	420—450	70	—
Venedig	" Contarini	Scamozzi	1609	380—400	50—60	—

b) Mit ringsumlaufendem Saumschlag (Pal. Vecchio in Florenz).

Florenz	Pal. Riccardi	Michelozzi	1430	450—570	bis 200	40
"	Pal. Pitti, Façade	Brunelleschi	1470	550—660	" 500	25
"	Haus Piazza Strozzi	—	—	670—720	140—200	30
"	" " Pitti	—	—	360—420	110—112	30
Rom	Via Giulia	Bramante	1510?	450—850	200—250	40
Florenz	Pal. Pitti, Terrasse	Parigi	1620	840	" 400	40

*) Wo ungleiche Quaderhöhen miteinander abwechseln, sind die beiden Maasse untereinander gesetzt, wo verschiedene Quaderhöhen unregelmässig auftreten, sind die grössten und kleinsten Maasse nebeneinander gesetzt. Bei der Höhe der Schichten ist stets die Saum- oder Fugenbreite zugezählt.

c) Rauhgestockte Polsterquadern: die kräftige Rundung springt vom Mauergrunde vor, Spiegel flach gewölbt. Ohne oder mit Saumschlag auf einer oder beiden Seiten der Fuge.

					Höhe der Schichte	Vorsprung	Saumbreite
Florenz	Pal. Gondi	G. d. Sangallo	1491		380—600	170—190	25
"	" Strozzi	B. d. Majano	1490		430—650	150—170	45
"	" Uguccioni ¹⁾	?	um 1530		400—455	180—200	20
"	" Pandolfini ²⁾	Rafael	um 1530		<div>540 400</div>	120	30
Rom	" Farnese ²⁾	A. Sangallo	1530		440—680	110—140	—
"	" Palma ²⁾	"	um 1530		360—620	120—130	—
"	" Spada	Mazzoni	um 1540		<div>420 280</div>	50	30
"	" Lateran ³⁾	Fontana	1586		<div>450 400</div>	130	30

II. Typus. Quaderbossirungen mit ebenem Spiegel und Saumschlag.

a) Mit kleinem Vorsprung, geraden Seitenflächen und einseitigem Saumschlag. (Grabmal der Cäcilia Metella.)

Rom	Via del Go. vecchio	Bramante?	1500	220	5	20
"	Cancellaria	Bramante	1500	375	15	35
"	Pal. Giraud	"	1504	370	10	35
"	" Massimi	Peruzzi	1532	330	20	40
"	" Cicciaporci	G. Romano	1521	{420 220	20	22
Florenz	" Bartolini	Baccio d'Agnolo	1530	300	15	30

b) Mit abgerundeten Kanten und kleinem Vorsprung, so dass die Rundung vom Mauergrund aufsteigt. (Venetianischer Typus.)

Florenz	Pal. Ruccelai	Alberti	1465	240—500	40	33
Venedig	Zecca	Sansovino	1536	{300 230	{43 26	30
"	Prefettura (Corner)	Sansovino	1532	{370 310	{50 40	35
"	Prigione	Da Ponte	1571	{360 300	{45 28	30
"	Rialtobrücke	"	1590	{310 250	{25 18	25
"	Monte di Pietà	Rossi	1724	450	45	55

c) Mit abgerundeten Kanten und grösserem Vorsprung, so dass die Abrundung sich noch mit einer geraden vorspringenden Seitenfläche verbindet. (Römischer Typus.)

Florenz	Pal. Guadagni	Cronaca?	1490?	340	60	30
Rom	" Nicolini	Sansovino	1520	{390 270	90	15
"	Pal. Banco di Spirito	Sangallo	1530	{450 230	75	10
"	Pal. Vidoni	Rafael?	1515	{390 260	140	15
"	Via Monte vecchio	—	—	460	80	45
"	Via Ripetta	—	—	{400 300	85	15
"	Sapienza ²⁾	Della Porta	—	{670 510	130	30
"	Klein. Pal. Spada ³⁾	—	1540?	{345 270	70	15

d) Mit abgefasten Ecken auf gerade vorspringender Seitenfläche mit Saumschlag.

Florenz	Thüre v. Pal. Guadagni	Cronaca?	1490?	340	40	20
"	Haus via S. Gallo	d'Agnolo	1530	265	33	25
Rom	Pal. Patriz ²⁾	—	—	{510 370	110	30
"	Via Scrofa ²⁾	—	—	{470 380	100	25

1) Quadern um die Ecke gezogen.

2) Eckarmirungen, bei Farnese und Palma ohne Schlag.

3) Halbsäulen.

*) Pilaster mit Scheinquadern aus Einem Stück.

III. Typus. Von der Fuge aus abgeschrägte Kanten.

Spiegel flach, rauh oder glatt.

				Höhe der Schichte	Vorsprung	Vordere Breite d. Fuge
Verona	Pal. Pompej	Sammicchele	1530	380—450	65	90
"	" Bevilacqua	"	1527?	460	65	90
"	Porta Palio	"	1557	410	55	120
Venedig	Pal. Rezzonico	Longhena	1680	360—380	60	120
"	" Labbia	Cominelli	1720	400	40	80

IV. Typus. Diamant- und Rautenquadern.

				Höhe der Schichte	Vorsprung	Sam- breite
Verona	Pal. S. Nicolo	—	—	340	120	35
Venedig	" Spinelli	Lombardi	1500	345	40	60
"	" Pesaro	Longhena	1679	460	223	42

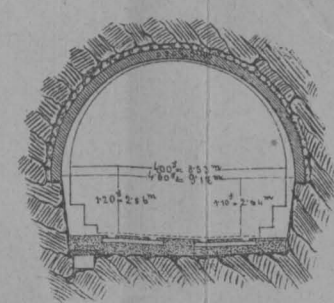
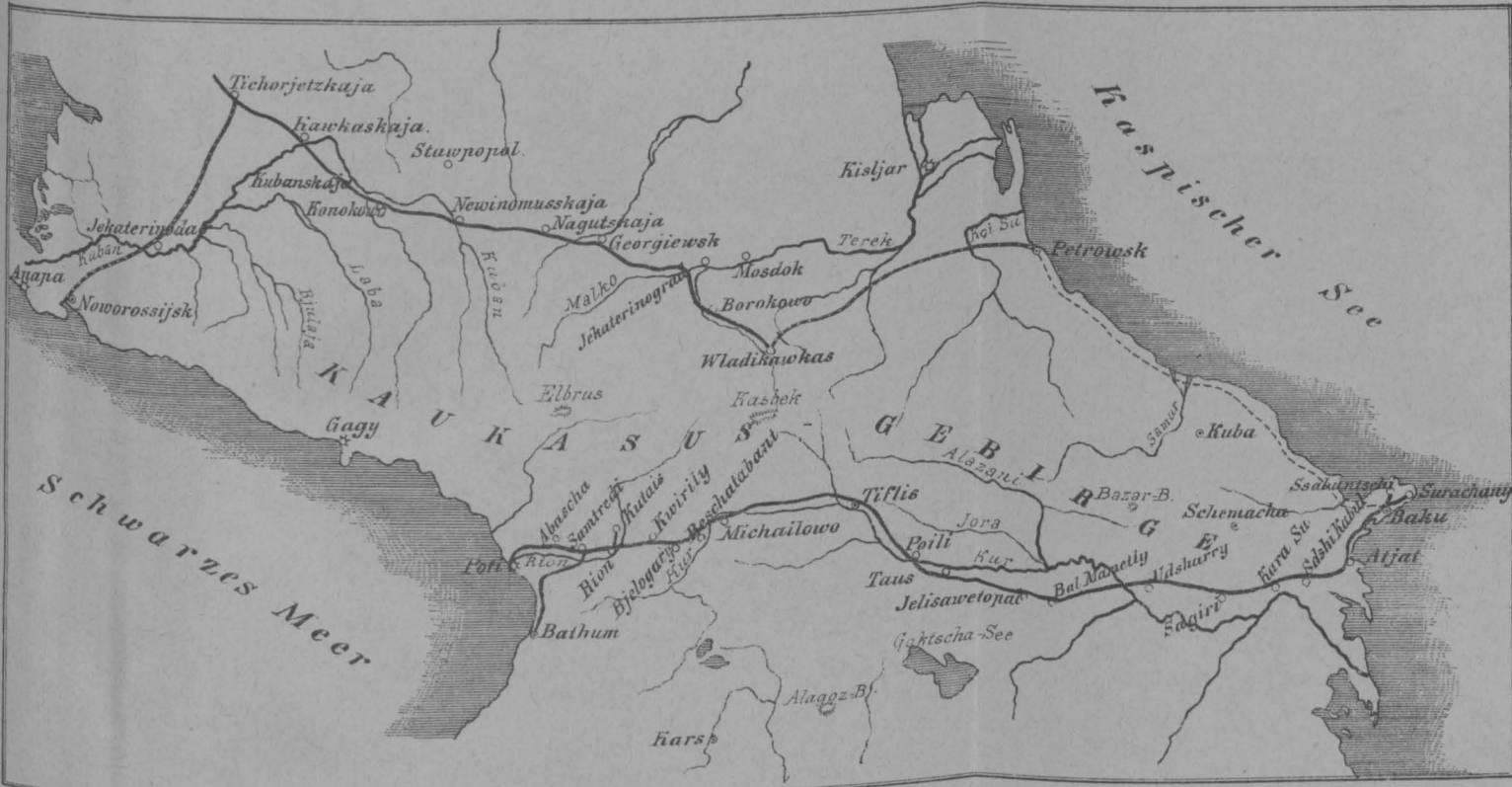
Die ersten Anfänge bewusster Verwendung der Quadern als künstlerische Ausdrucksmittel treten in Florenz auf; schon 1430 wird durch M. Michelozzi am Pal. Riccardi (damals Medici) das traditionelle schwache Buckelmauerwerk bedeutsam vergrössert und verstärkt. Im Laufe desselben Jahrhunderts folgen noch die anderen gewaltigen Paläste, an welchen die Bossage wahre Triumphe feiert. Florenz schwelgte in titanenhaftem Quadermauerwerk, neben dem alle andere Architektur zurücktrat. Aber auch die ersten Anfänge glatt geebener Spiegelflächen mit abgerundeten Kanten finden sich hier. — Alberti hat in Verbindung mit Pilastern an seinem Pal. Ruccelai damit den Anfang gemacht.

In Rom schliesst sich im Anfang des sechzehnten Jahrhunderts Bramante zunächst dem antiken Typus schwach vorspringender glatter Spiegelquadern an; mit der Zeit drängt sich aber auch hier die kräftige toskanische Form herein, doch bleibt die Rustika stets viel gemässiger und unterordnet sich — oder ist mindestens gleichwerthig einer ganzen Reihe anderer architektonischer Motive, die zur Gliederung und zum Schmucke der Façaden aufgeboden werden. In den Dreissiger-Jahren des sechzehnten Jahrhunderts wird dann der stark vorspringende, an den Kanten abgerundete Quader zur Regel, tritt aber meist nur als Eckarmirung auf, während die durchgehende Flächenquadrirung ganzer Geschosse selten bleiben, und wo sie auftritt, mit Vorliebe nur die horizontalen Fugen heraushebt, die senkrechten aber versteckt.

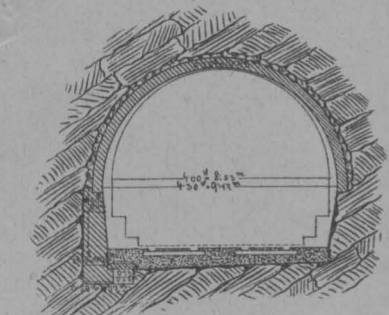
In Venedig führt zuerst Sansovino 1532 an seinem grossen Pal. Corner am canale grande (jetzt Prefettura) eine bescheidene Bossirung ein, während in Verona zur selben Zeit Sammicchele mit seiner eigenen Weise Epoche macht. Hier wie in Venedig, Vicenza, Bologna, Ferrara u. s. f. erstreckt sich die Quaderverzierung fast ausnahmslos mindestens auf das Untergeschoss und bleibt die Eckarmirung die Ausnahme.

Wir haben im Obigen zunächst nur die grossen Hauptausgangspunkte der Quaderdekoration — Florenz und Rom mit ihren Ausläufern nach Verona und Venedig — in Betracht gezogen und behalten uns vor, die eigenthümliche Durchbildung derselben in anderen Städten, namentlich in Bologna, Ferrara, Genua u. s. f. gelegentlich noch zur Darstellung zu bringen.

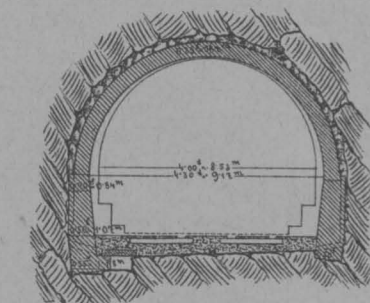
Tunnel-Typen.



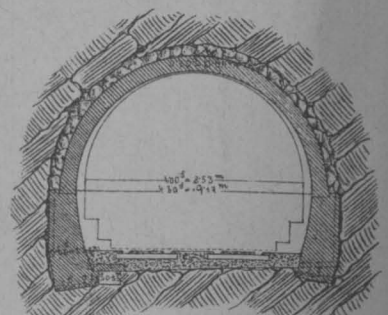
Sehr hartes Gebirge mit horizontalen Schichten.



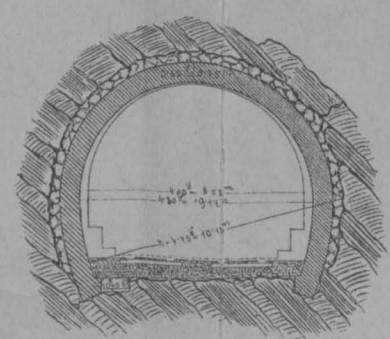
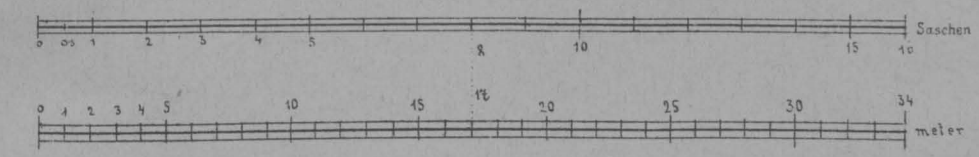
Sehr hartes Gebirge mit geneigten Schichten.



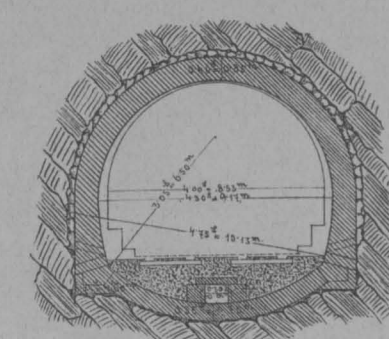
Hartes Gebirge



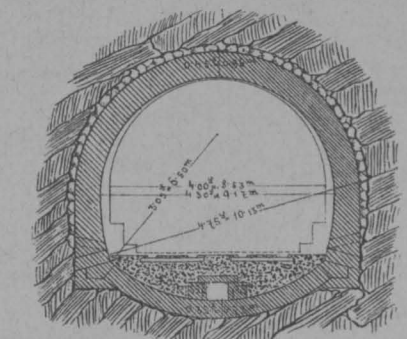
Hartes Gebirge



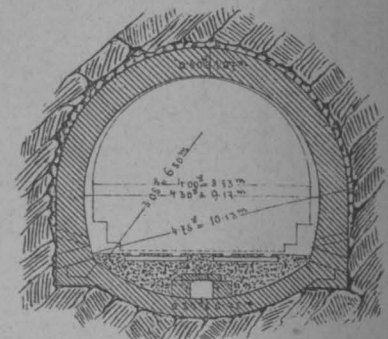
Verwitterbares Gebirge



Mürbes Gebirge

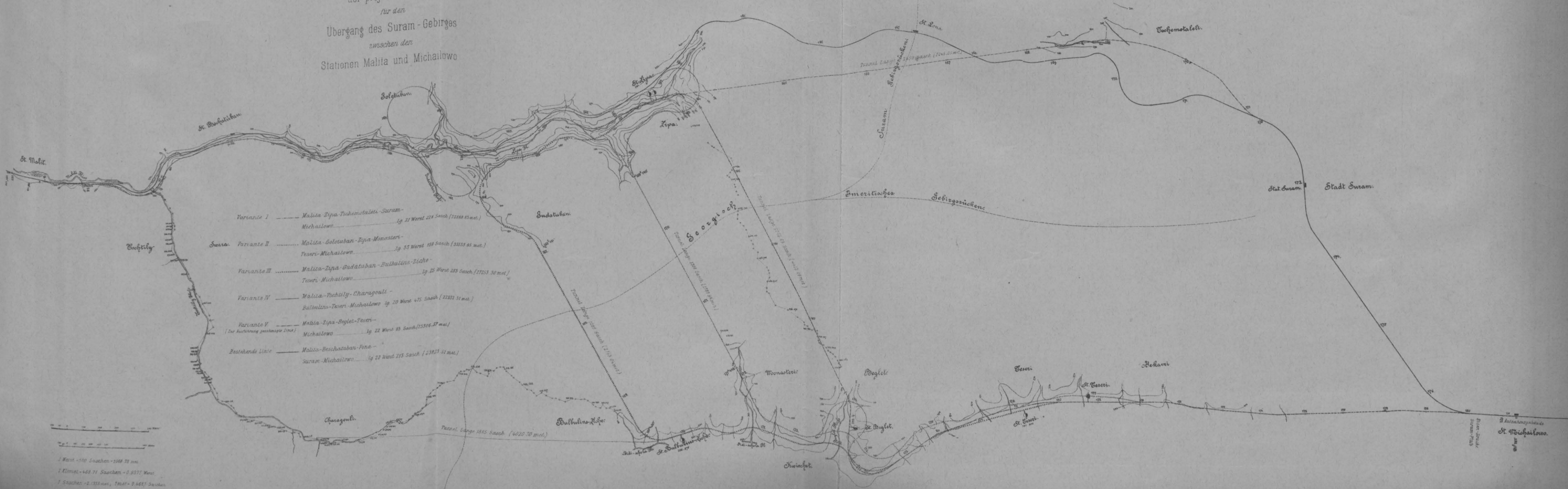


Weiches Gebirge



Wässeriges Gebirge

Plan der projektirten Linien für den Übergang des Suram-Gebirges zwischen den Stationen Malita und Michailowo



DIE TRANSKAUKASISCHE EISENBAHN

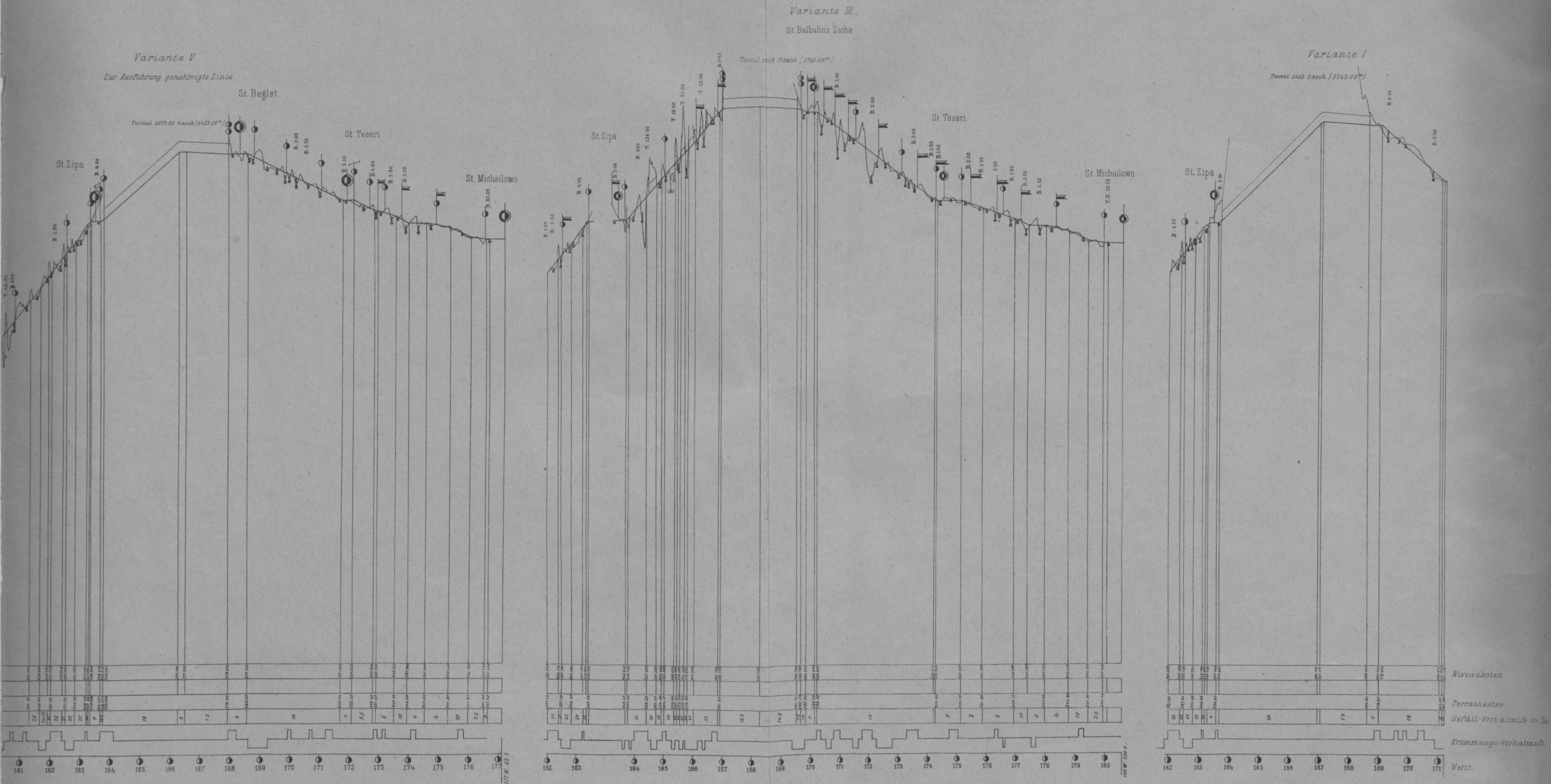


Fig. 1. Längenprofil.

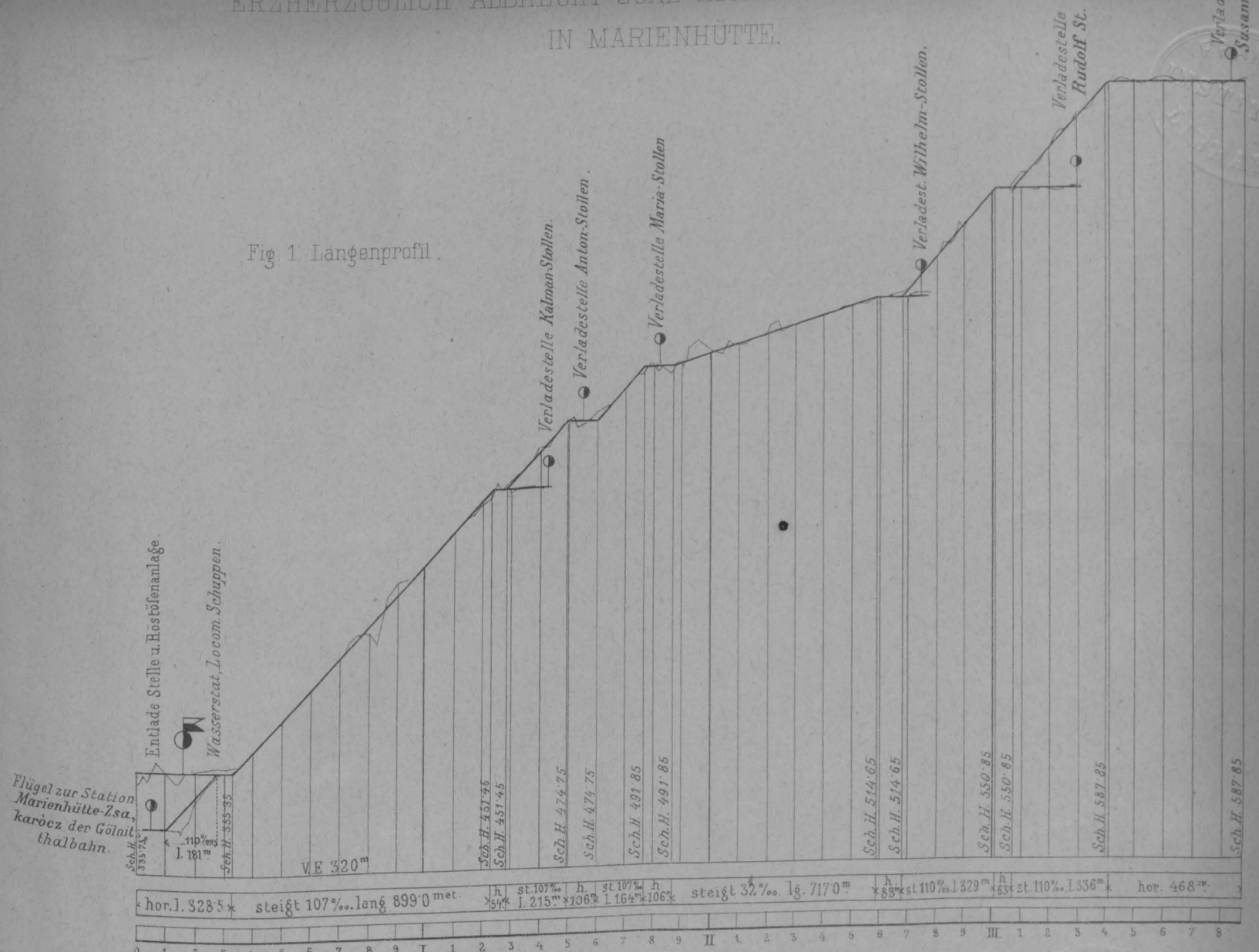


Fig. 2. Situation.

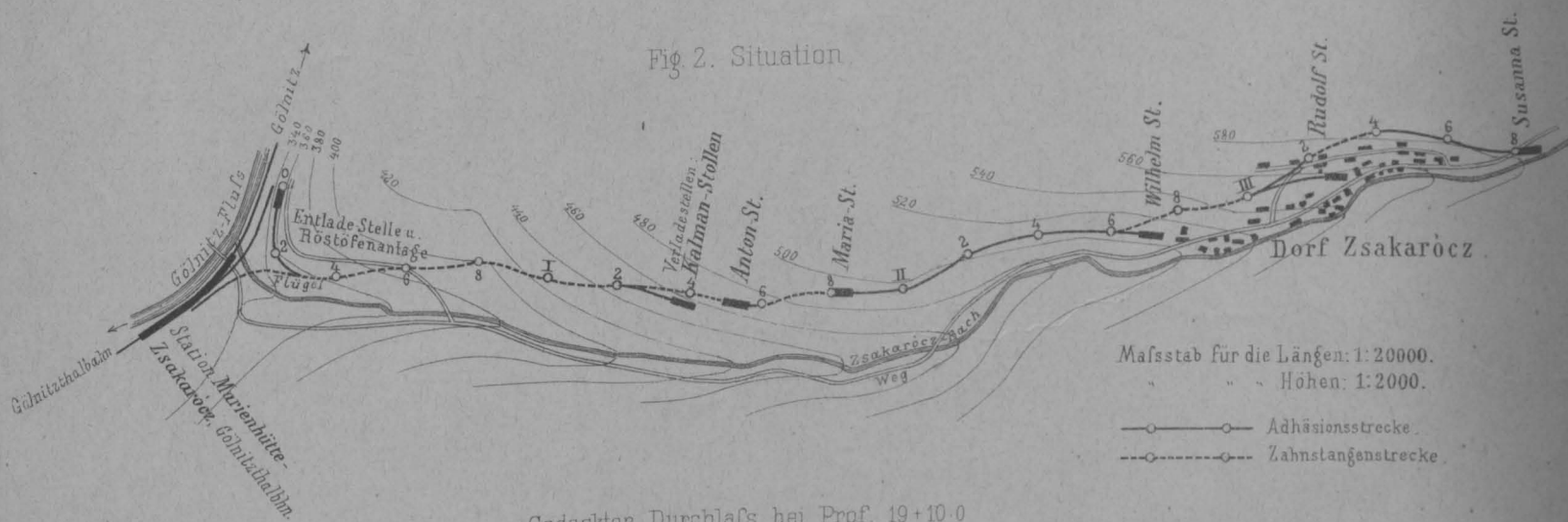


Fig. 3.

Langenschnitt

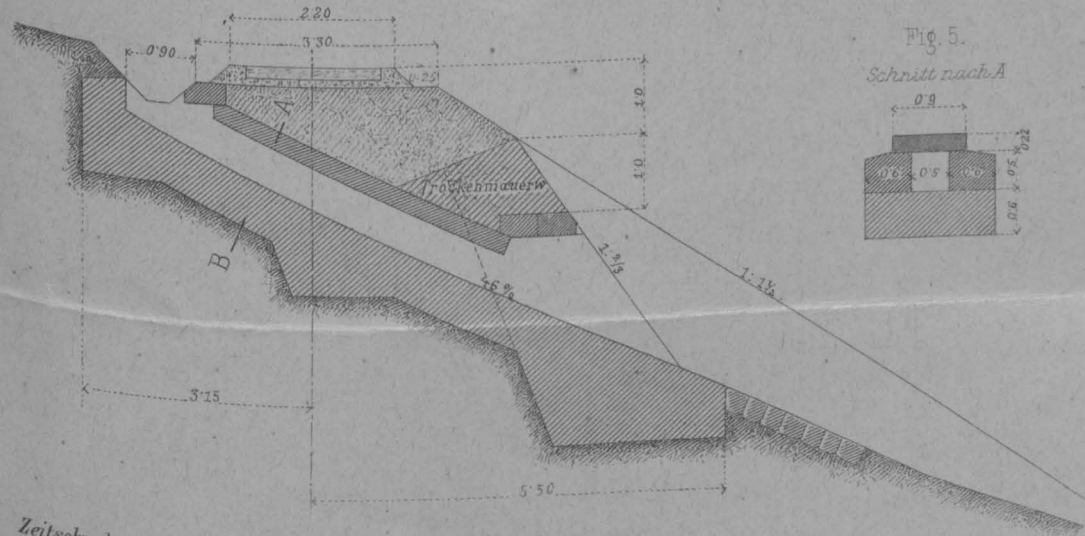


Fig. 5.

Schnitt nach A

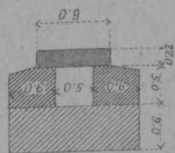


Fig. 4.

Ansicht am Auslauf

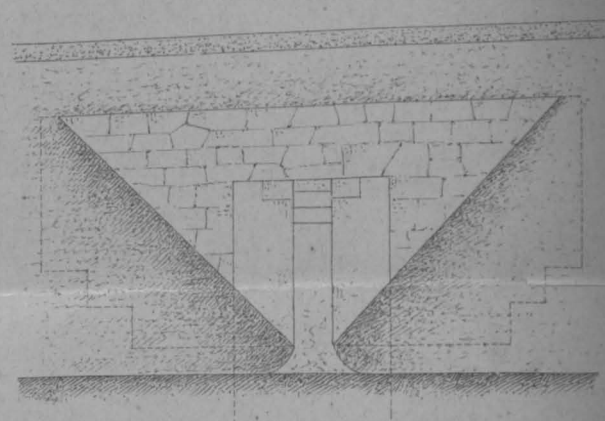


Fig. 6 Situation der Entladestelle und der Rostöfenanlage.

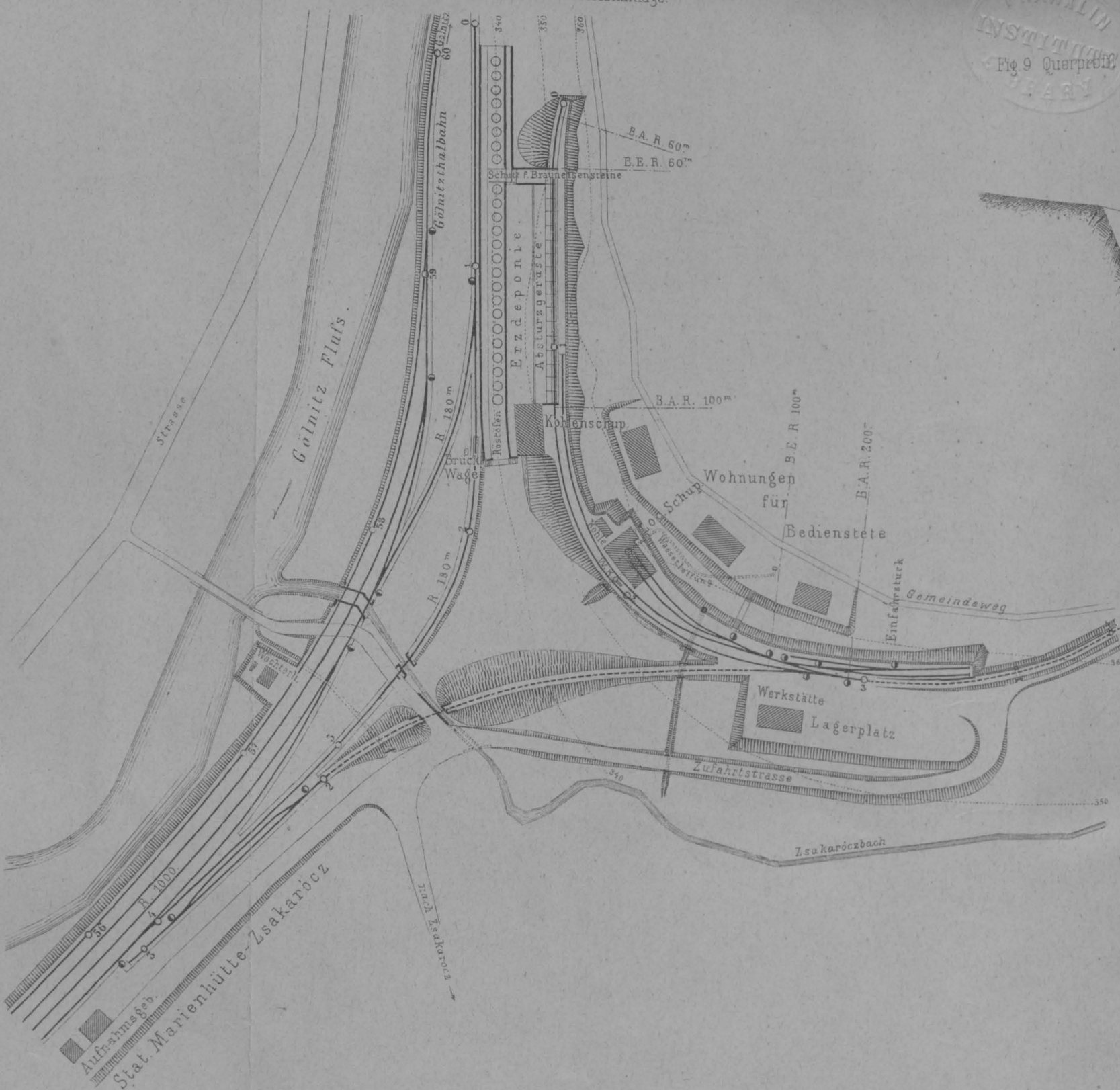


Fig. 9 Querprofil der Entladestelle und der Rostöfenanlage.

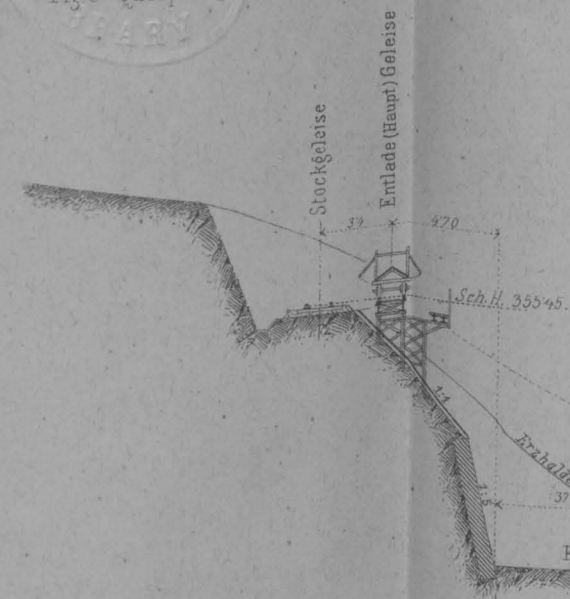


Fig. 8 Situation der Verladestelle: Anton-Stollen.

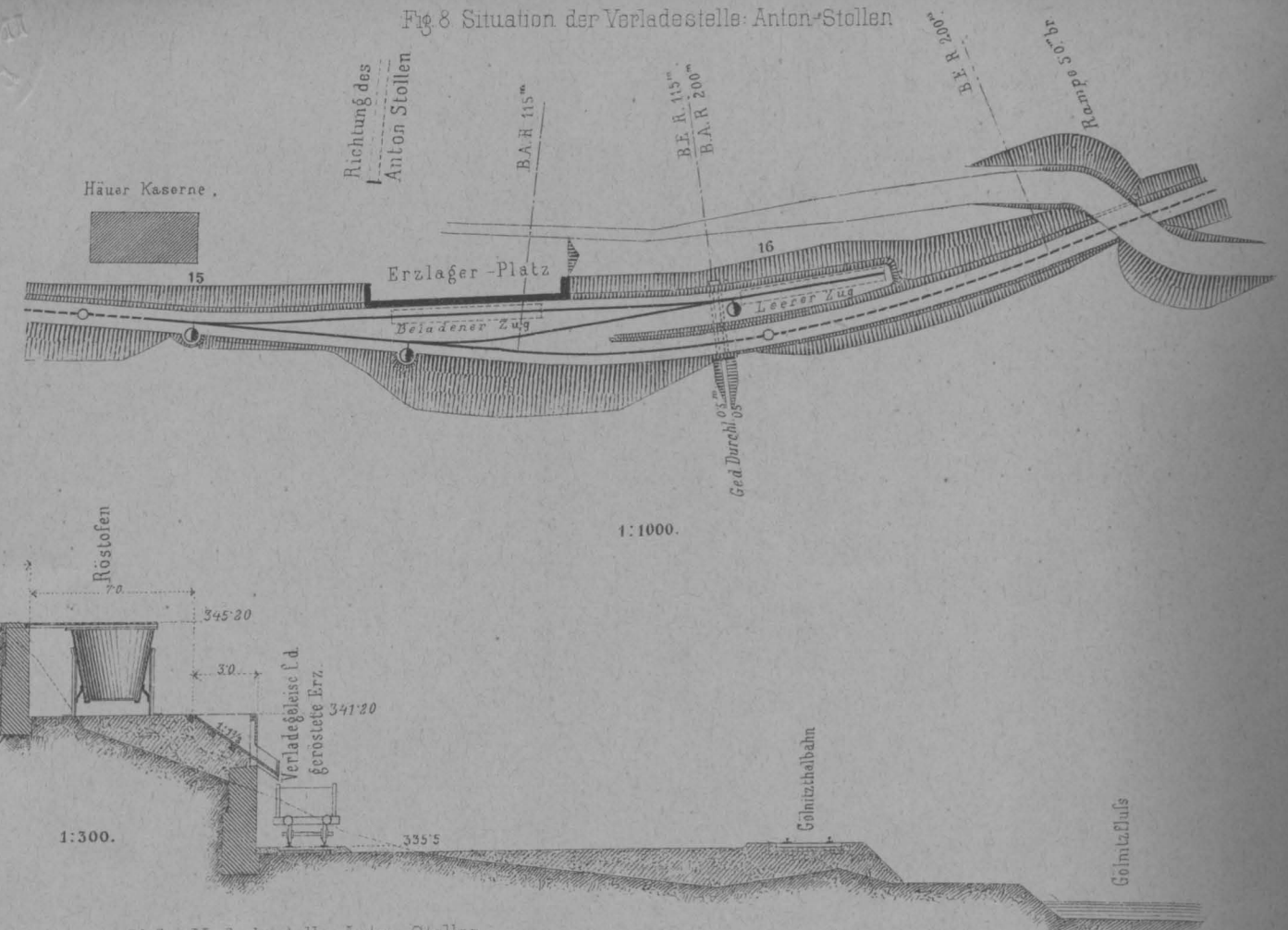


Fig. 10 Querprofil der Verladestelle: Anton-Stollen.

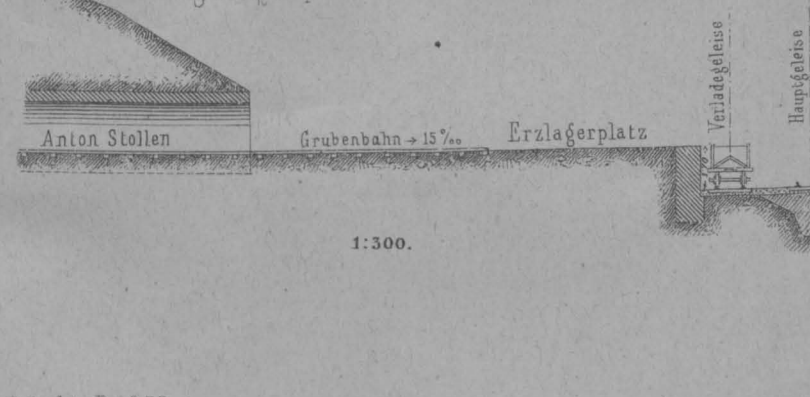
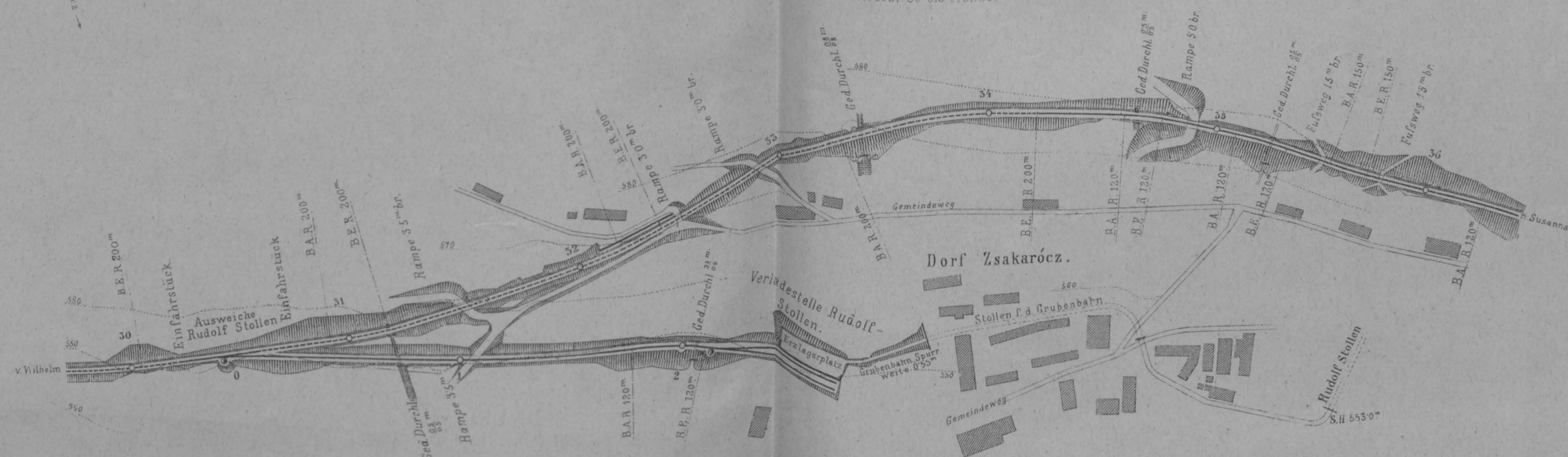
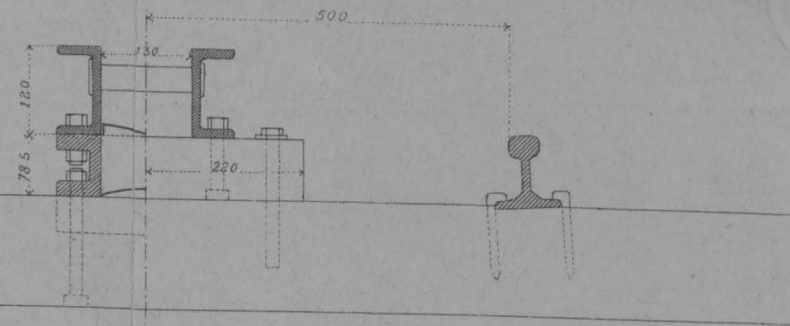


Fig. 7 Situation von Prof. 30 bis Prof. 36.

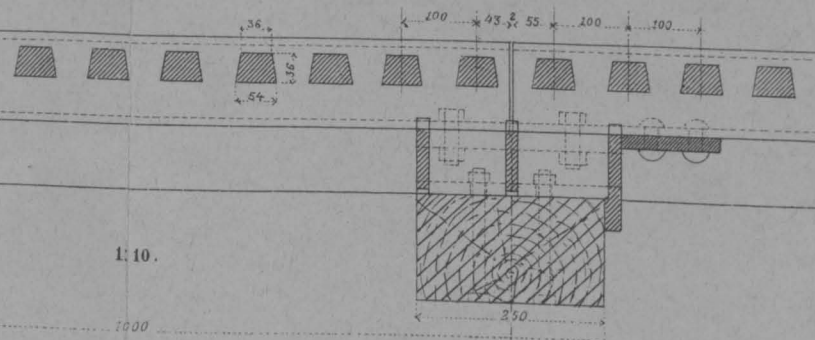


Zahnstangen-Oberbau
Fig. 11. Querprofil



1:10.

Fig. 12. Längenschnitt



1:10.

Fig. 16. Unterlagsplatte für feste Stöße

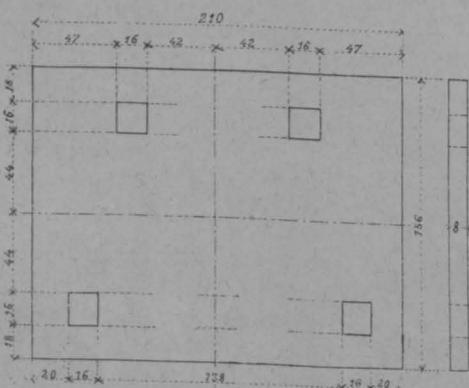
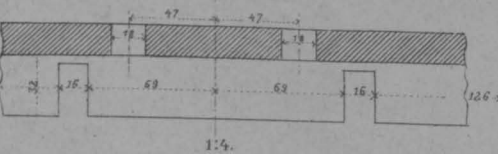
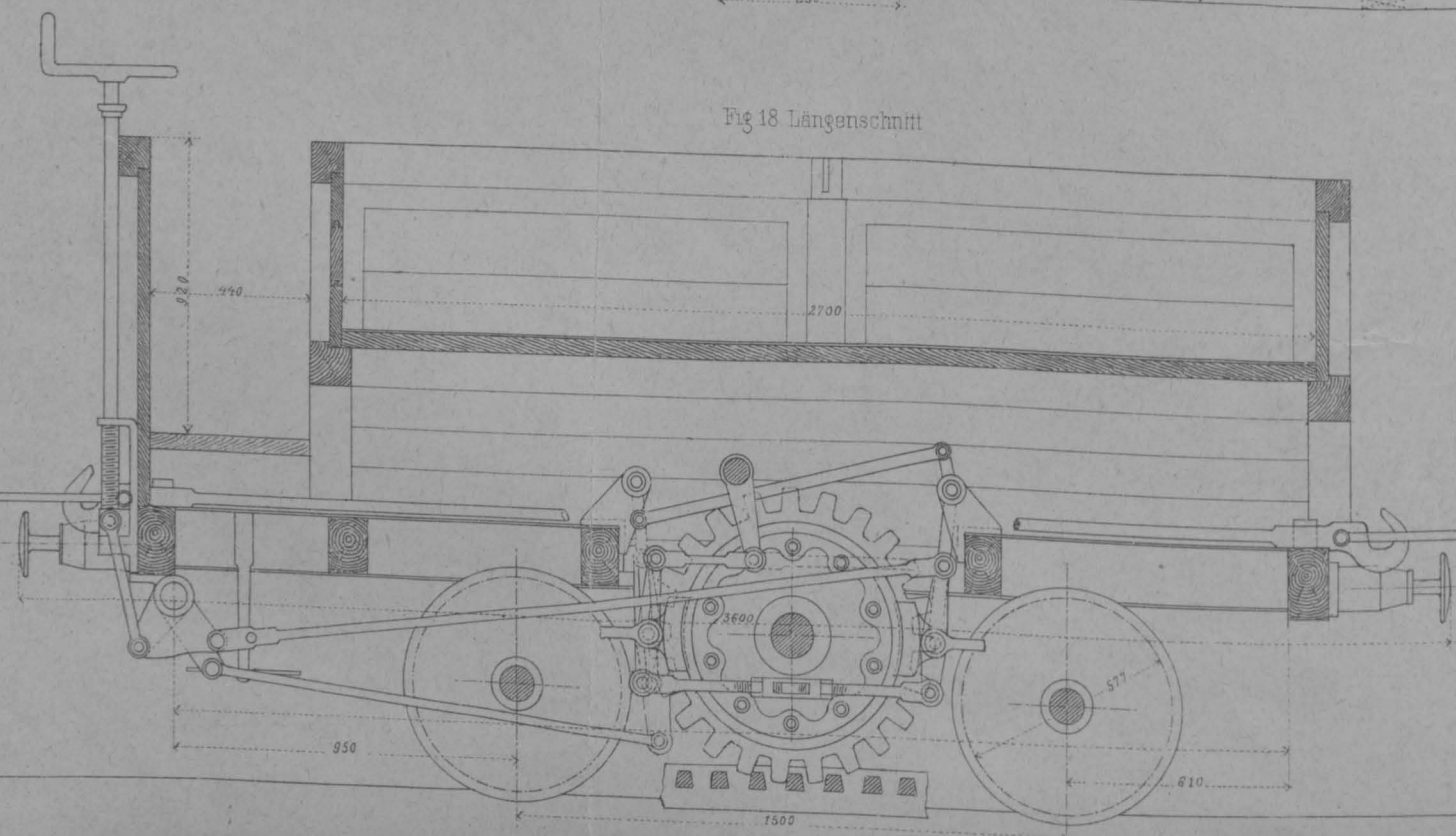


Fig. 17. Klinkung der Außenlasche für feste Stöße

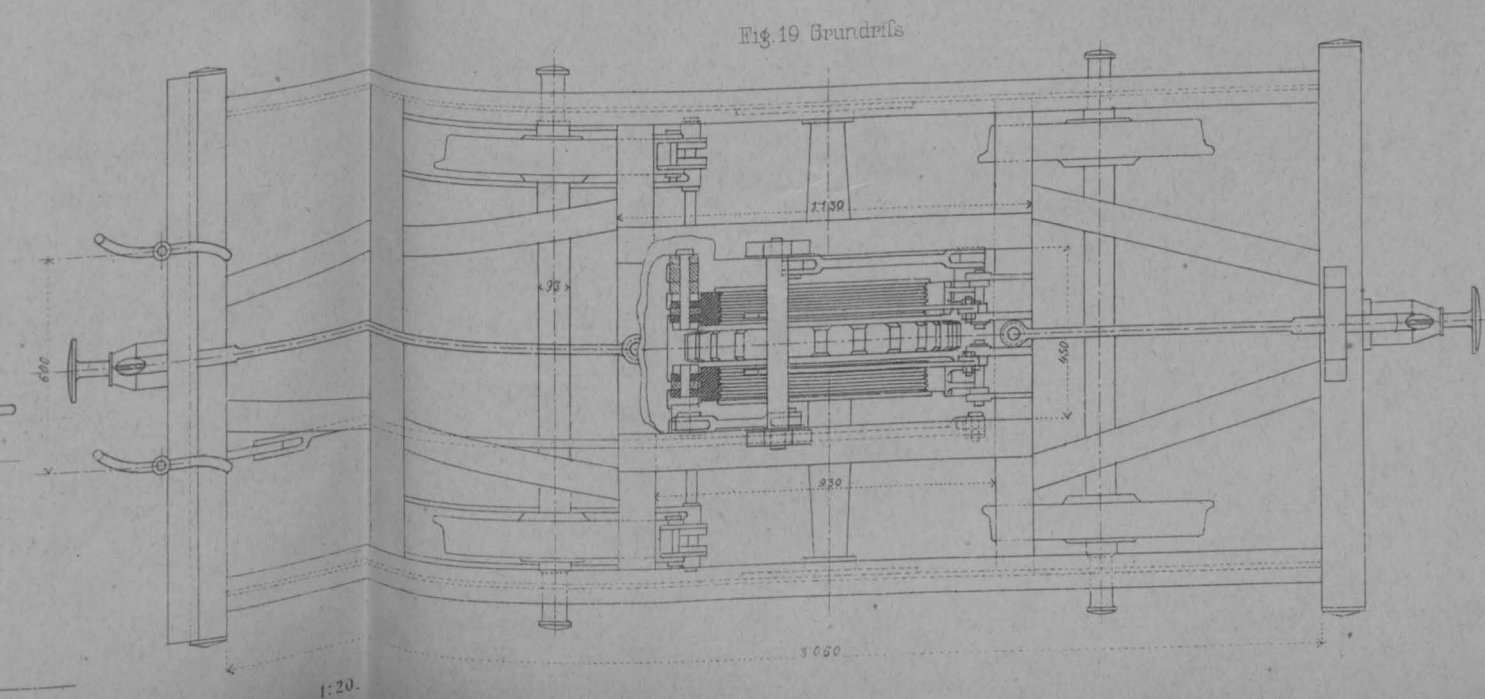


1:4.

Fig. 18. Längenschnitt



Erztransportwagen mit Zahnrad- und Backen-Bremse



1:20.

Fig. 13. Normale Weiche

1:40.

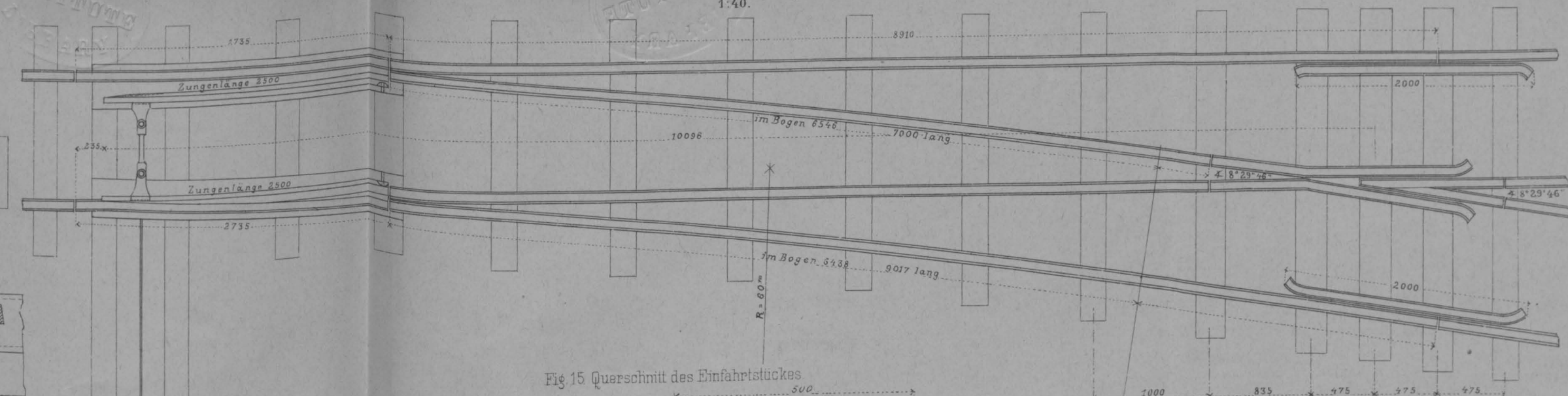


Fig. 15. Querschnitt des Einfahrtstückes

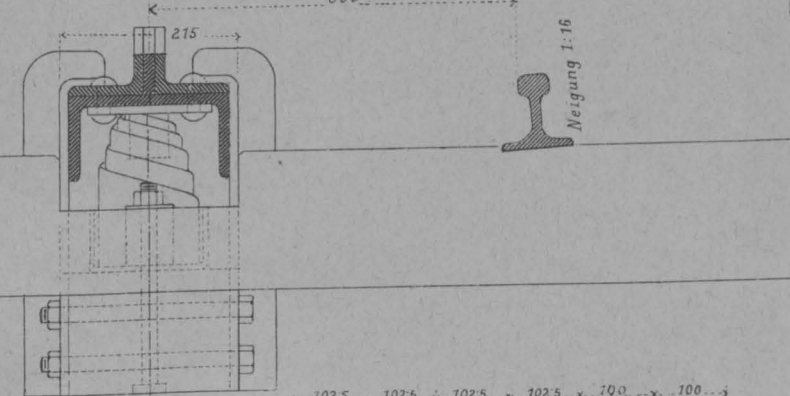
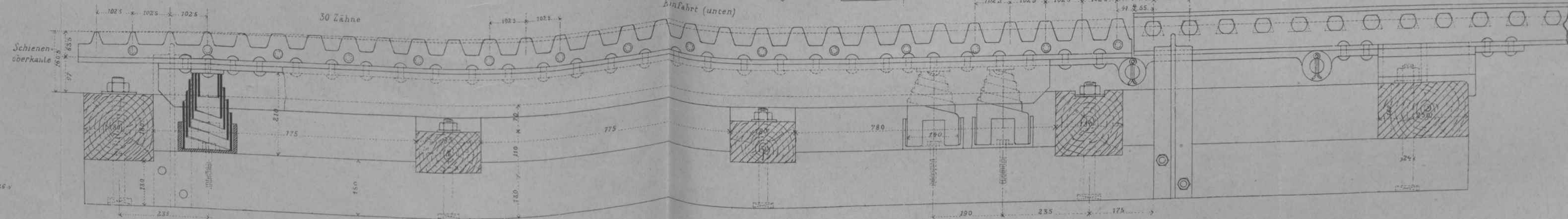
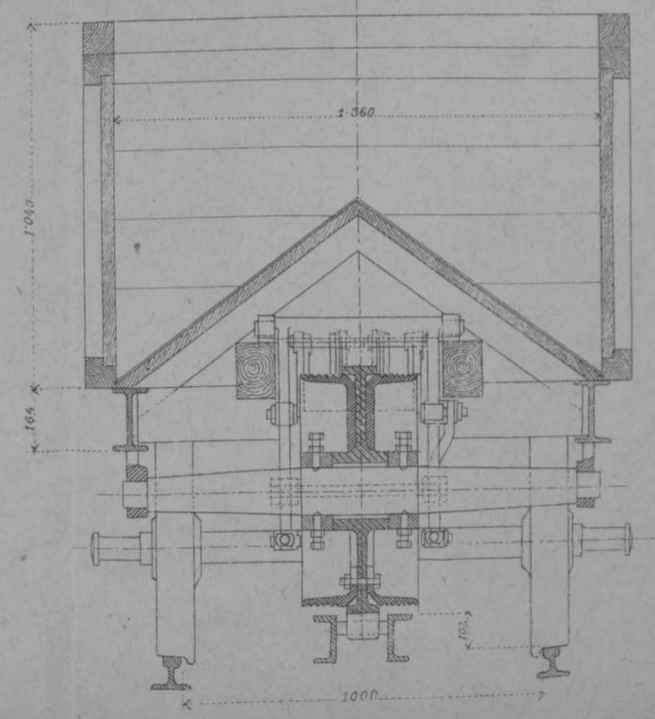


Fig. 14. Einfahrtstück in die Zahnstange
Einfahrt (unten)



1:10.

Fig. 20. Querschnitt



IN MARIENHÜTTE.

Fig. 21. Lokomotive.

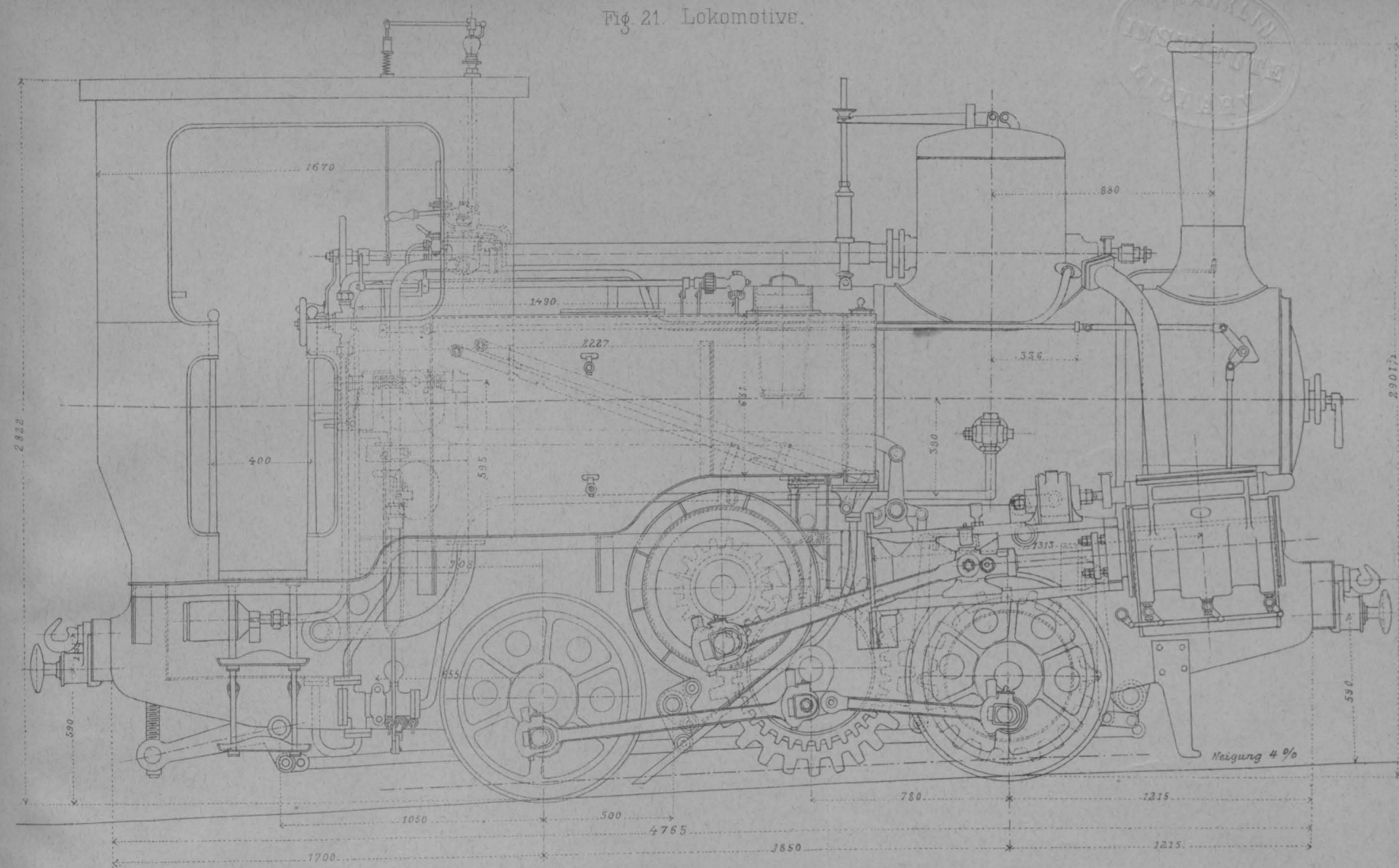
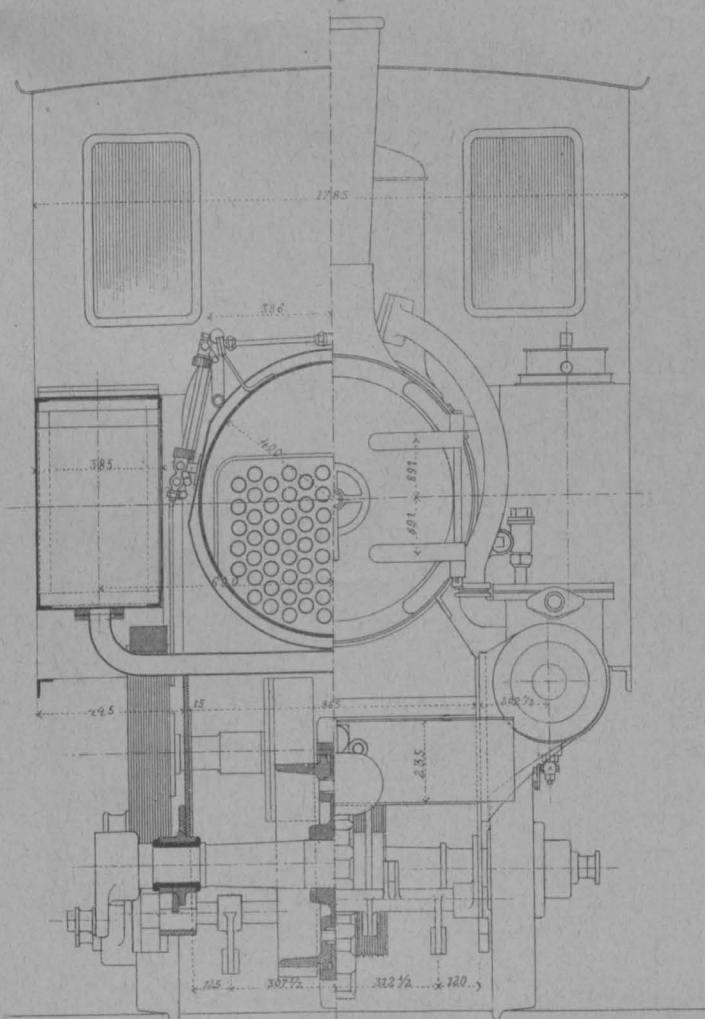


Fig. 22.



Cylinderdurchmesser	240 ^m / _m
Kolbenhub	450 ^m / _m
Durchm. des Treibzahnades	764 ^m / _m
Rostfläche	0636 m ²
Heizfläche	27813 m ²
Überdruck im Kessel	11 Atm.
Wasserraum	1070 Lit.
Kohlen	100 Kgr.
Gewicht der Locom im Dienst	1393 Ton.

1:22.5

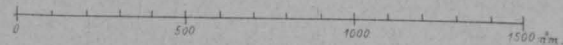
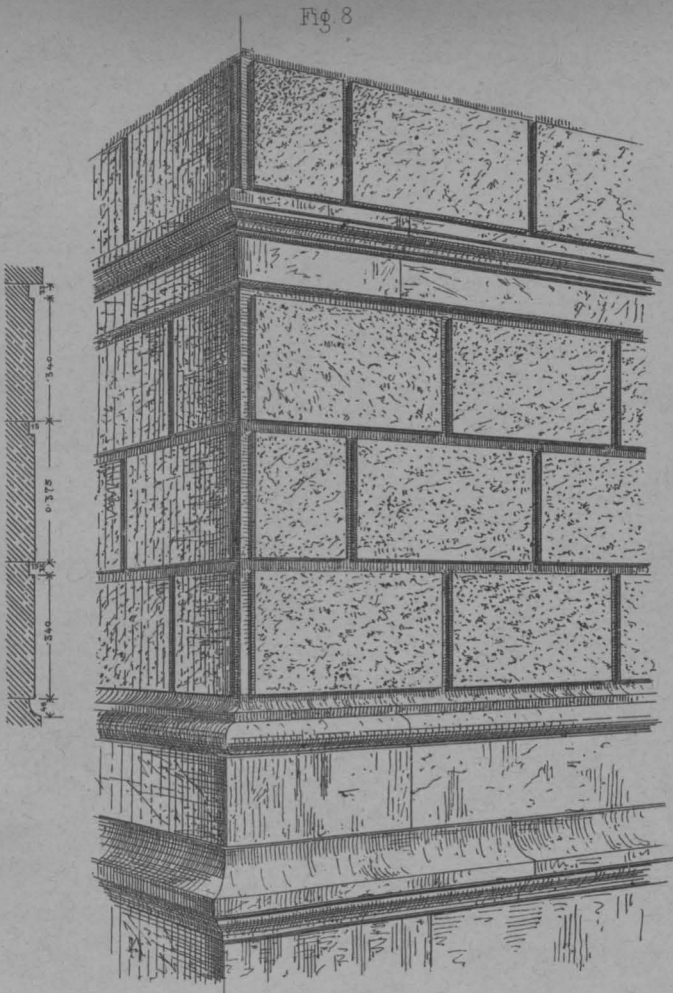
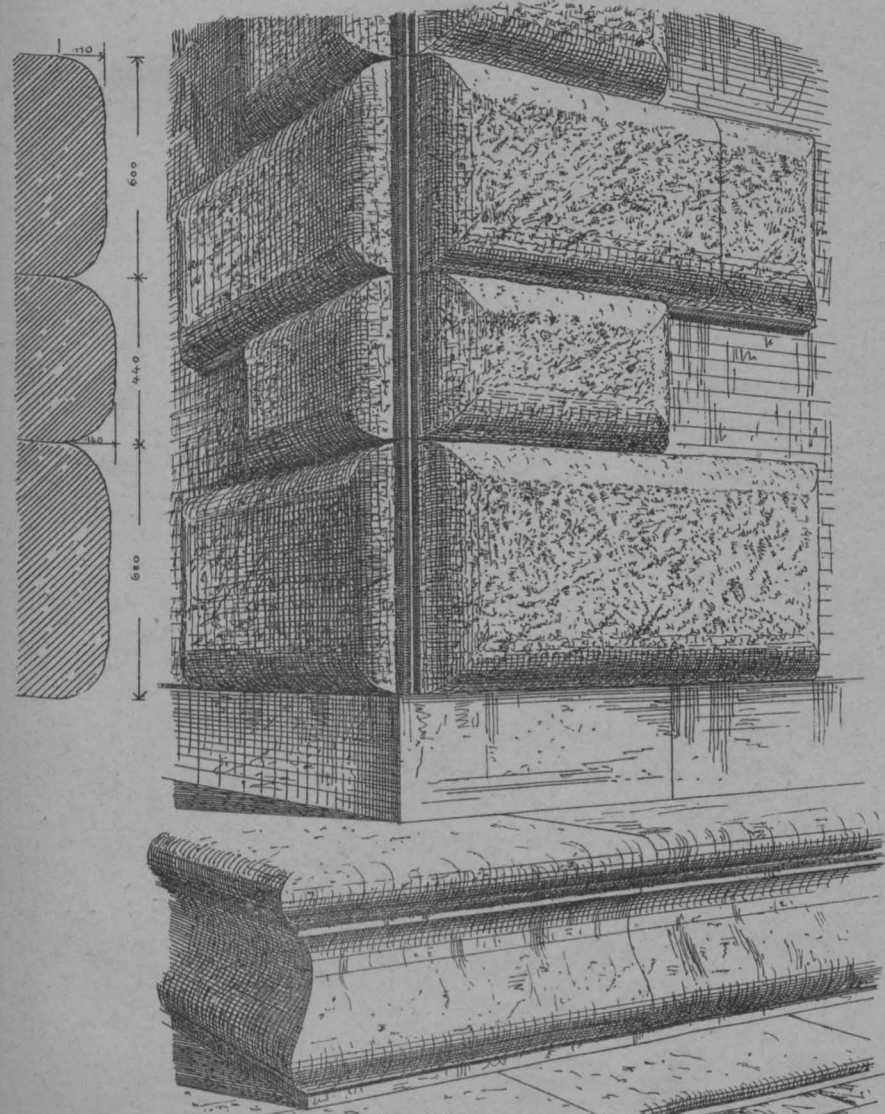


Fig 8



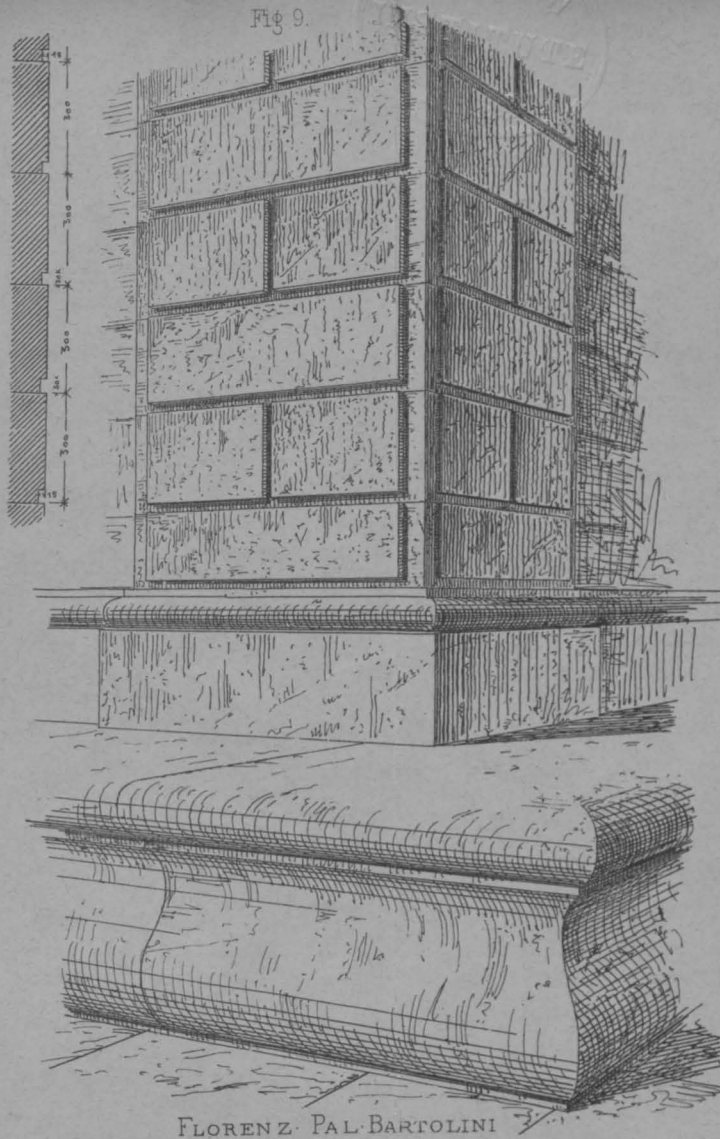
ROM CANCELLARIA.

Fig 10.



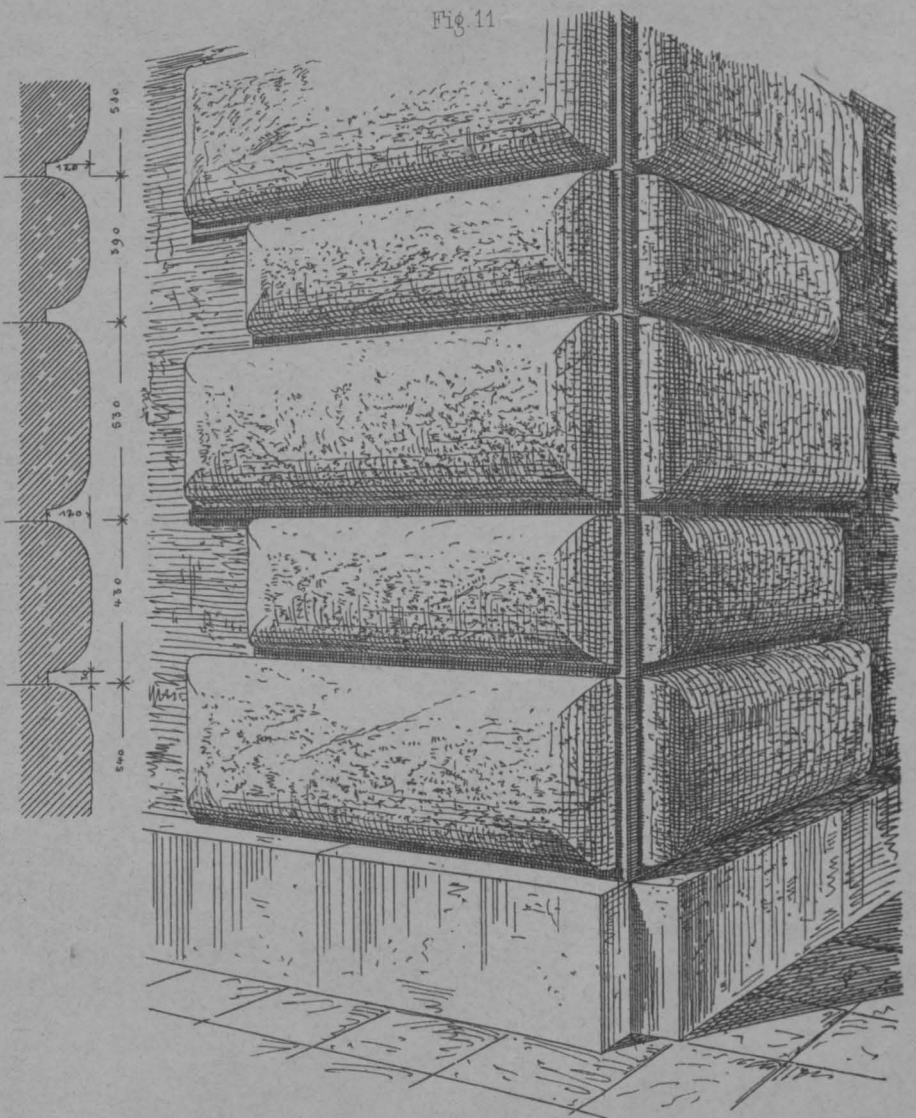
ROM PAL. FARNESE

Fig 9.

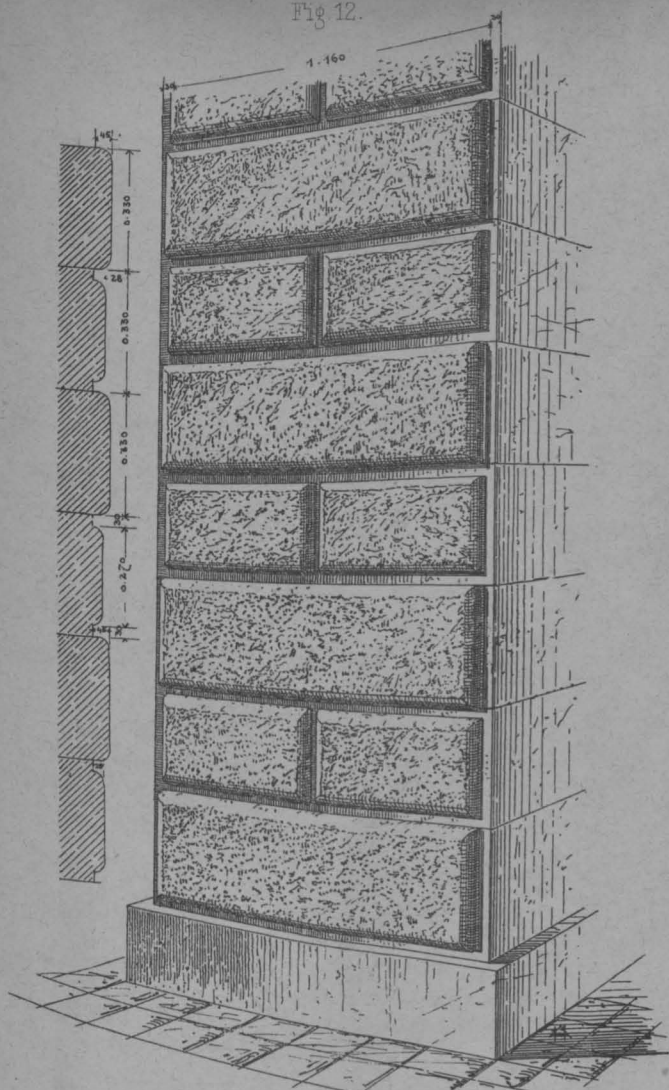


FLORENZ PAL. BARTOLINI

Fig 11

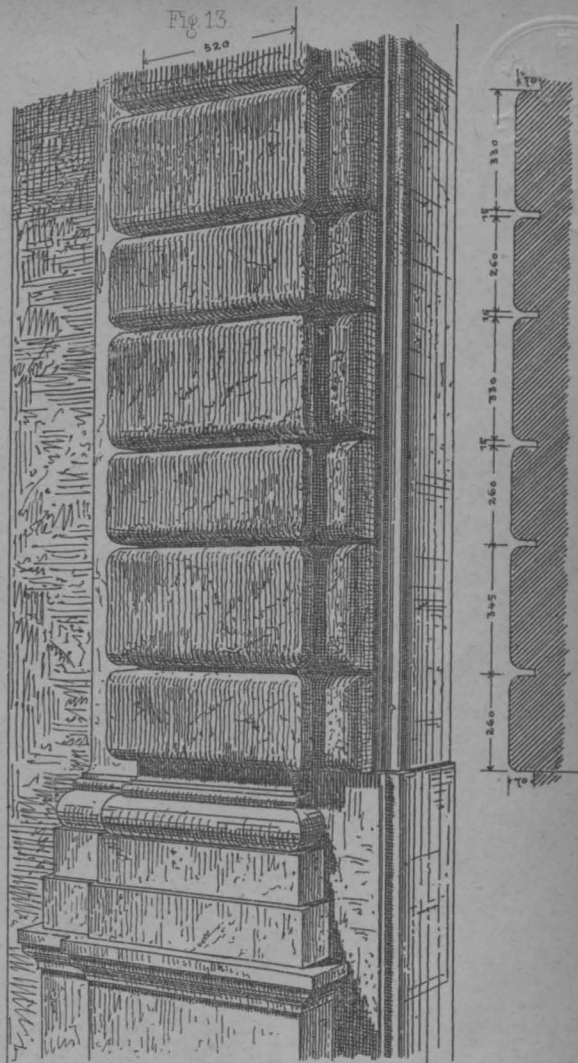


FLORENZ PAL. PANDOLFINI.



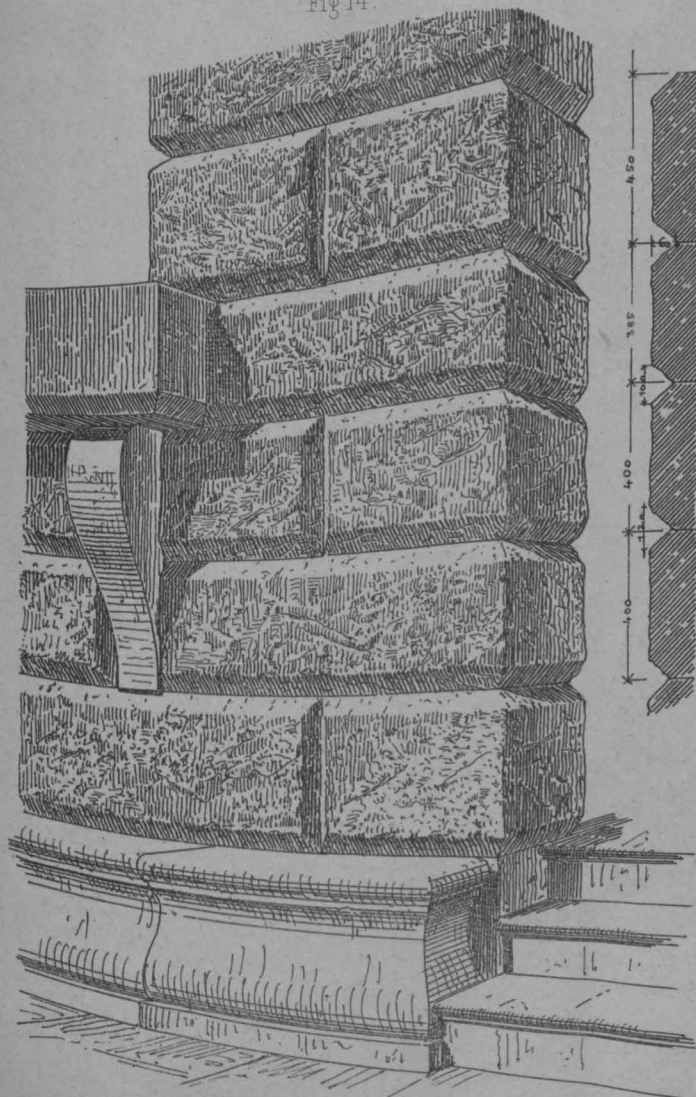
VENEDIG. PRIGIONE.

Fig. 13



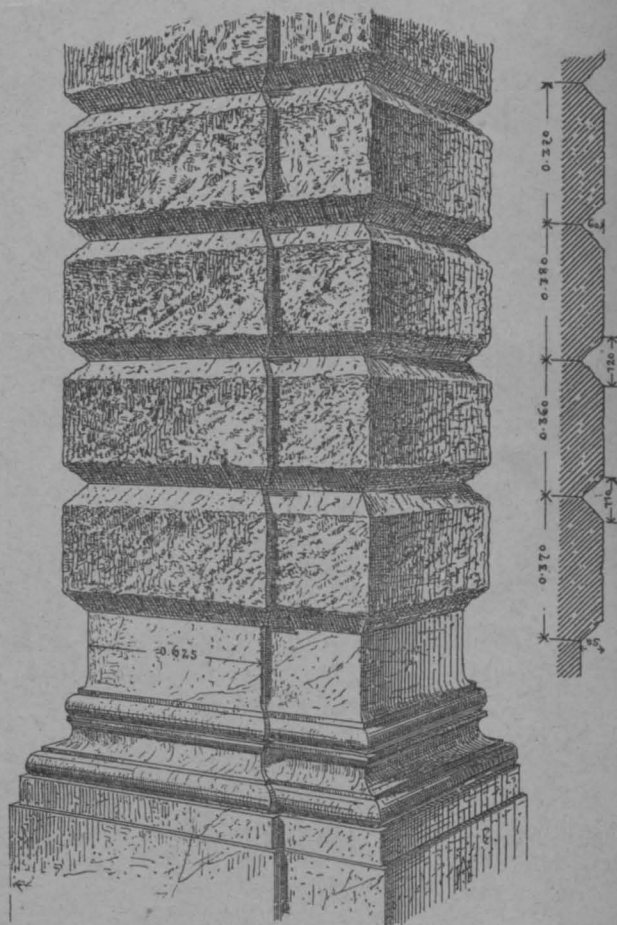
ROM. PALINO. SPADA.

Fig. 14



VERONA. PAL. POMPEI.

Fig. 15.



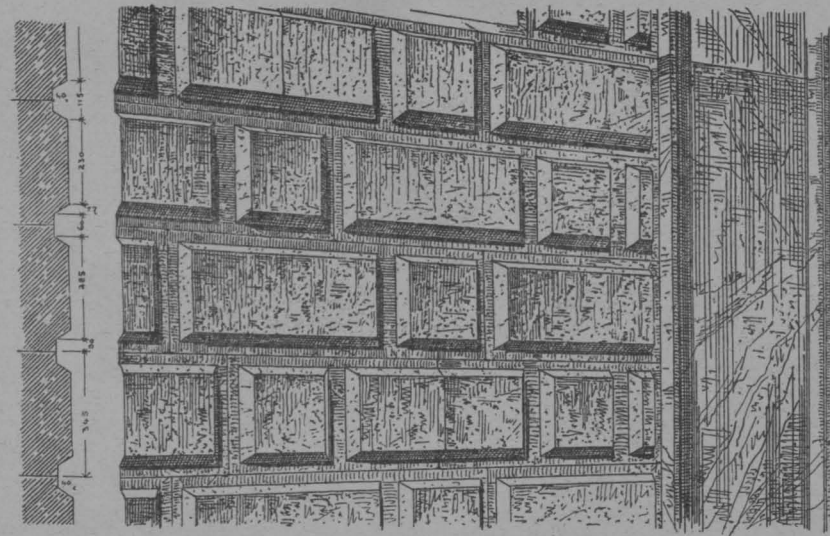
VENEDIG. PAL. REZZONICO.

Fig. 16.



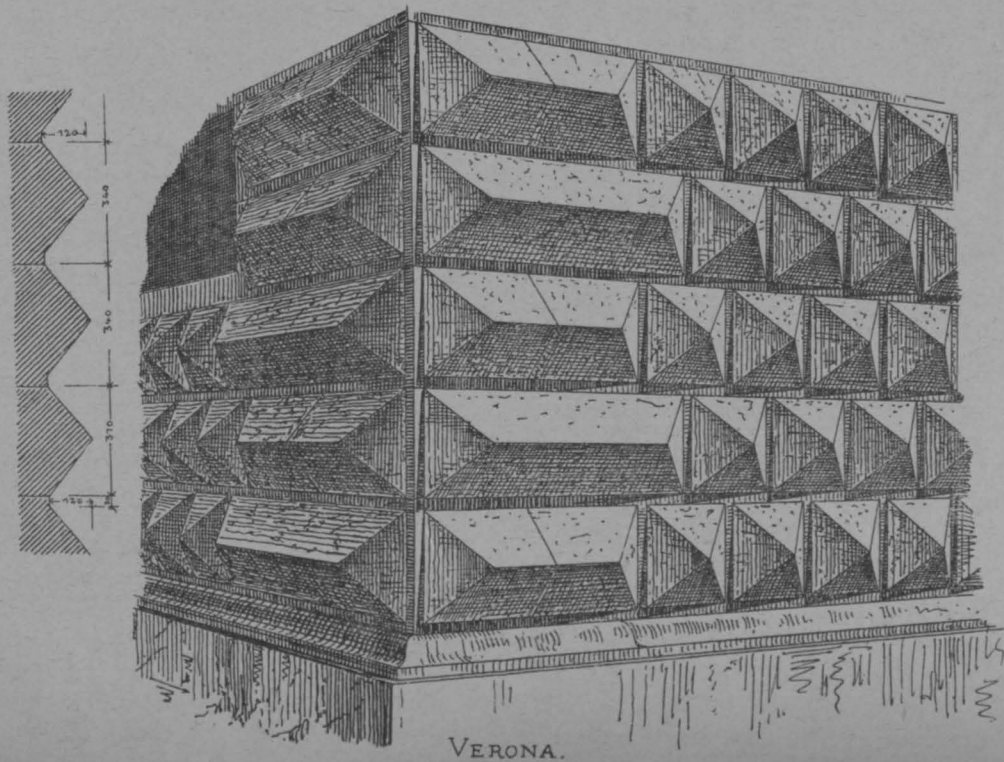
FLORENZ. PAL. RUCCELAI.

Fig. 17.



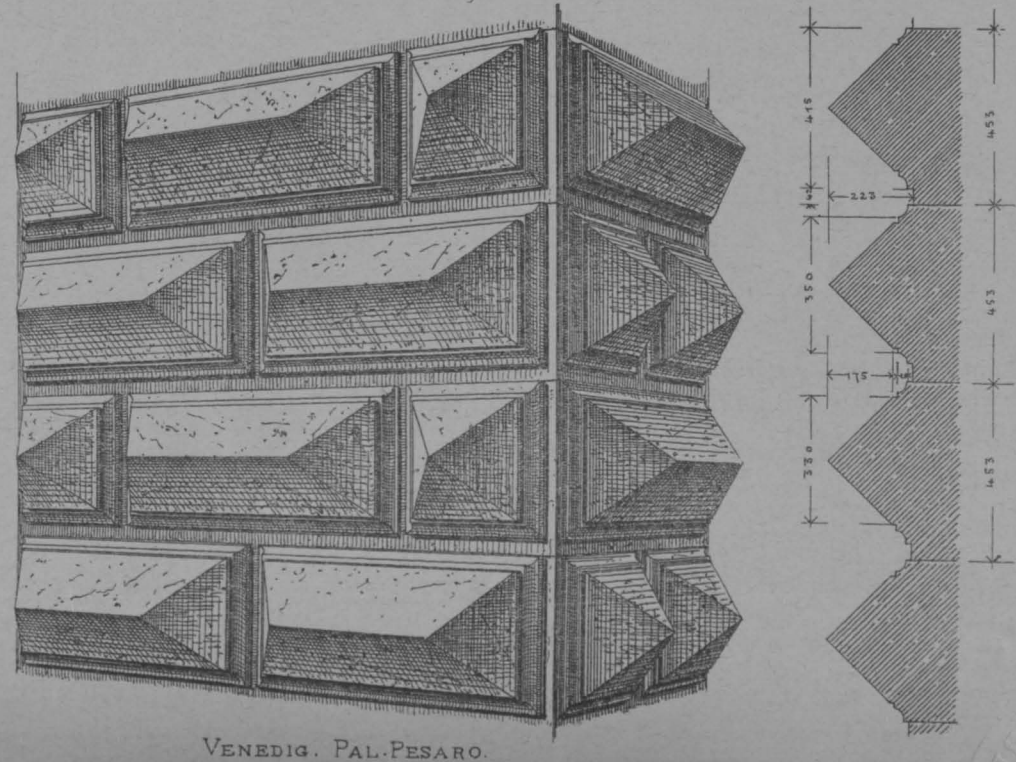
VENEDIG. PAL. CORNAR-SPINELLI

Fig. 18.



VERONA.

Fig. 19.



VENEDIG. PAL. PESARO.